FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1930

# THÈSE

N° 468

POUR

## LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

**Pierre NYER**

Né à Alger, le 31 août 1904
Assistant Adjoint d'Électrothérapie, à l'Hôpital Necker
(Clinique d'Urologie)

# LES APPLICATIONS MÉDICO-CHIRURGICALES DE L'IONISATION OU DIÉLECTROLYSE

*Président :* M. LEGUEU, *Professeur*

PARIS
GASTON DOIN & Cie, ÉDITEURS
8, PLACE DE L'ODÉON, 8

1930

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1930 — THÈSE — N° —

POUR

# LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

**Pierre NYER**

Né à Alger, le 31 août 1904
Assistant Adjoint d'Électrothérapie, à l'Hôpital Necker
(Clinique d'Urologie)

---

# LES APPLICATIONS MÉDICO-CHIRURGICALES DE L'IONISATION OU DIÉLECTROLYSE

---

*Président :* M. LEGUEU, *Professeur*

---

PARIS
GASTON DOIN & Cie, ÉDITEURS
8, PLACE DE L'ODÉON, 8

1930

DOYEN . . . M ROGER

## I. — PROFESSEURS

| | MM. |
|---|---|
| Anatomie | ROUVIÈRE. |
| Anatomie médico-chirurgicale et chirurgie expérimentale | CUNÉO. |
| Physiologie | ROGER. |
| Physique médicale | STROHL. |
| Chimie médicale | DESGREZ |
| Bactériologie | LEMIERRE. |
| Parasitologie et histoire naturelle médicale | BRUMPT. |
| Pathologie et thérapeutique générales | BAUDOUIN. |
| Pathologie médicale | CLERC. |
| Pathologie chirurgicale | LENORMANT. |
| Anatomie pathologique | ROUSSY. |
| Histologie | CHAMPY. |
| Pharmacologie et matière médicale | TIFFENEAU. |
| Thérapeutique | LOEPER. |
| Hygiène et médecine préventive | TANON. |
| Médecine légale | BALTHAZARD. |
| Histoire de la médecine et de la chirurgie | MÉNÉTRIER. |
| Pathologie expérimentale et comparée | RATHERY. |
| Hydrologie thérapeutique et climatologie | Maurice VILLARET. |
| Clinique médicale | CARNOT.<br>BEZANÇON.<br>ACHARD.<br>M. LABBÉ. |
| Hygiène et clinique de la première enfance | LEREBOULLET |
| Clinique des maladies des enfants | NOBÉCOURT. |
| Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale | H. CLAUDE. |
| Clinique des maladies cutanées et syphilitiques | GOUGEROT. |
| Clinique des maladies du système nerveux | GUILLAIN. |
| Clinique des maladies infectieuses | TEISSIER. |
| Clinique chirurgicale | DELBET.<br>HARTMANN.<br>LEJARS.<br>GOSSET. |
| Clinique ophtalmologique | TERRIEN. |
| Clinique urologique | LEGUEU. |
| Clinique d'accouchements | COUVELAIRE.<br>BRINDEAU.<br>JEANNIN. |
| Clinique gynécologique | J.-L. FAURE. |
| Clinique chirurgicale infantile et orthopédie | OMBRÉDANNE. |
| Clinique thérapeutique médicale | VAQUEZ. |
| Clinique oto-rhino-laryngologique | SEBILEAU. |
| Clinique thérapeutique chirurgicale | Pierre DUVAL. |
| Clinique propédeutique | SERGENT. |
| Clinique de la tuberculose | Léon BERNARD. |
| Professeurs sans chaire | MAUCLAIRE. |

## II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

ALAJOUANINE. Neurologie et Psychiatrie.
BINET . . . . Physiologie.
AUBERTIN. . Pathologie médicale.
BÉNARD (H.) Pathologie médicale.
BLANCHETIÈRE. Chimie biologique.
BROCQ . . . Pathologie chirurgicale
BRULÉ. . . . Pathologie médicale.
CADENAT . . Pathologie chirurgicale.
CATHALA . . Pathologie médicale.
CHABROL . . Pathologie médicale.
CHEVALLIER. Pathologie médicale.
De GAUDART d'ALLAINES. Pathologie chirurgicale.
DOGNON. . . Physique.
DONZELOT . . Pathologie médicale.
ÉCALLE . . . Obstétrique.
FEY . . . . . Urologie.
GARNIER . . Pathologie expériment[le]
GASTINEL . . Bactériologie.
GATELLIER . Pathologie chirurgicale
GIROUD . . . Histologie.
HARVIER. . . Pathologie médicale.
HOVELACQUE Anatomie.
HUTINEL. . . Pathologie médicale.
JOANNON. . . Hygiène.
JOYEUX . . . Parasitologie.
LABBÉ (Henri) Chimie biologique.

MM.

LAROCHE(G.) Pathologie médicale.
LEMAITRE. . Oto-rhino-laryngologie.
LEROUX. . . Anatomie pathologique.
LEVEUF . . . Pathologie chirurgicale.
LÉVY-VALENSI. Neuro-psychiâtrie.
LIAN. . . . . Pathologie médicale.
MERCIER (F.) Pharmacologie.
MILLOT..... Histologie.
MONDOR. . . Pathologie chirurgicale.
MOREAU. . . Pathologie médicale.
MOULONGUET. Pathologie chirurgicale.
MOURE. . . . Pathologie chirurgicale.
MULON. . . . Histologie.
OBERLING. . Anatomie pathologique.
OLIVIER. . . Anatomie.
PIÉDELIÈVRE Médecine légale.
PORTES . . . Obstétrique.
QUÉNU. . . . Pathologie chirurgicale.
RICHET. . . . Physiologie.
SÉZARY . . . Dermatologie et Syphiligraphie.
VALLERY-RADOT (Pasteur) . . Pathologie médicale
VAUDESCAL. Obstétrique
VELTER. . . . Ophtalmologie.
VERNE. . . . Histologie.
VIGNES. . . Obstétrique.

## III.—AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

### POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.

BUSQUET. . . . . Pharmacologie.
GUÉNIOT. . . . . Obstétrique.
LEQUEUX . . . . . Obstétrique.

MM.

NEVEU-LEMAIRE. . Parasitologie.
RETTERER . . Histologie.
ZIMMERN. . . Physique

## IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

### A TITRE PERMANENT

| MM | | MM. | |
|---|---|---|---|
| ABRAMI. . . . | Clinique médicale. | CHEVASSU . . | Clinique chirurgicale. |
| CHIRAY. . . . | Clinique médicale. | HEITZ-BOYER. | Clinique chirurgicale. |
| DEBRÉ . . . . | Clinique médicale. | MATHIEU . . . | Clinique chirurgicale. |
| DUVOIR. . . . | Clinique médicale. | MOCQUOT. . . | Clinique chirurgicale. |
| FIESSINGER. . | Clinique médicale. | PROUST. . . . | Clinique chirurgicale. |
| LAIGNEL-LAVASTINE | Clinique méd. | SCHWARTZ . | Clinique chirurgicale. |
| LÉRI . . . . | Clinique médicale. | LE LORIER . . | Clinique chirurgicale. |
| AUVRAY. . . . | Clinique chirurgicale. | LEVY-SOLAL . | Clinique obstétricale. |
| BASSET. . . . | Clinique chirurgicale. | METZGER. . . | Clinique obstétricale. |

## V. — CHARGÉS DE COURS

| | |
|---|---|
| MM. MAUCLAIRE, professeur sans chaire . . . . . | Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes. |
| FREY. . . . . | Stomatologie. |
| CHAILLEY-BERT . . . . . | Education physique |
| LEDOUX-LEBARD . . . . . | Radiologie clinique |
| WEILL-HALLÉ. . . . . | Puériculture. |

*Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.*

A MON PÈRE

ET

A MA MÈRE

A TOUS LES MIENS

A LA MÉMOIRE DE MON ONCLE

Monsieur le Docteur G. GUILBAUD

Ancien Interne des Hôpitaux de Paris
Professeur de Clinique Chirurgicale
à l'Ecole de Médecine de Nantes.

A MON MAITRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur LEGUEU

Professeur de Clinique Urologique

*Qui m'a accueilli dans son service avec une paternelle bienveillance et m'a donné toutes facilités de travail. Nous lui adressons ici tous nos remerciements pour le très grand honneur qu'il nous fait d'accepter la présidence de cette thèse et nous le prions de bien vouloir croire à notre. respectueuse et profonde reconnaissance*

A MON MAITRE

Monsieur le Docteur P. ROUSSEAU

Ancien Interne des Hôpitaux de Paris

Chef du Service d'Electrothérapie à l'Hôpital Necker

(Service de M. le Professeur Legueu)

*Qui nous a inspiré le sujet de cette thèse et nous a guidé tout au long de ce travail. Qu'il veuille bien accepter tous nos remerciements émus pour les conseils qu'il nous a sans cesse prodigués et l'affectueuse sollicitude qu'il nous a témoignée en toute circonstance. Qu'il nous pardonne si nous n'avons su lui exprimer plus tôt notre gratitude.*

A Monsieur le Docteur ZIMMERN

Professeur Agrégé

Directeur de l'Institut d'Electro-Radiologie

*En hommage de reconnaissance pour les encouragements et l'appui que nous avons trouvés auprès de lui.*

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX

Faculté de médecine d'Alger

Monsieur le Professeur COSTANTINI

(Service de la Clinique Chirurgicale, 1924-1925)

Monsieur le Professeur ARDIN-DELTEIL

*In Memoriam*

(Service de la Clinique Médicale 1925-1926)

Monsieur le Professeur CANGE

(Service de la Clinique Ophtalmologique; 1926-1927)

Monsieur le Professeur LAFFONT

et

Monsieur le Docteur HOUEL

Professeur Agrégé

(Service de la Maternité, 5 novembre-25 février 1927-1928)

Laboratoire d'histologie :

Monsieur le Professeur DUBOUCHER

(1925-1926)

Monsieur le Docteur MONTPELLIER

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS :

MONSIEUR LE PROFESSEUR TEISSIER

(Clinique des maladies infectieuses, 1928)

MONSIEUR LE PROFESSEUR CLAUDE

(Clinique des maladies mentales
et des maladies de l'encéphale, 1928).

MONSIEUR LE PROFESSEUR GUILLAIN

(Cliniques des maladies du système nerveux, 1928)

MONSIEUR LE PROFESSEUR LEGUEU

(Clinique urologique, 1928-1930)

LABORATOIRE D'ANATOMIE

MONSIEUR LE DOCTEUR HOVELACQUE

Professeur Agrégé

A mon ami Monsieur le Docteur R. GIRAUD

Chef de Laboratoire à l'Institut d'Electro-Radiologie de Paris.

A MES AMIS

Les renseignements qui nous ont aidé à établir la partie physico-chimique de cette thèse ont été puisés dans les ouvrages scientifiques qui traitent de ces questions que nous avons consultés à la bibliothèque de la Faculté de Médecine de Paris et dans celle que M. le Professeur Legueu a bien voulu mettre à notre disposition. Toutes nos recherches cliniques ont été faites dans son service à l'Hôpital Necker, où nous avons pu instituer nos traitements et les suivre pendant ces deux dernières années. Nous devons aussi une grande partie de nos observations à l'extrême obligeance de M. le Docteur Rousseau (chef du Service d'Electrothérapie) qui nous a aidé de son expérience et de ses conseils dans l'élaboration de cet ouvrage.

Les planches anatomiques ont été empruntées au bel ouvrage de M. le Professeur Hovelacque qui a bien voulu nous permettre d'en reproduire quelques-unes dans notre thèse.

Nous prions nos Maîtres de vouloir bien accepter tous nos remerciements pour la bienveillance qu'ils nous ont témoignée, les conseils dont ils nous ont entouré et le temps qu'ils nous ont consacré.

LES

# APPLICATIONS MÉDICO-CHIRURGICALES

DE

# L'IONISATION ou DIÉLECTROLYSE

## AVANT-PROPOS

Depuis la découverte déjà lointaine de l'introduction électrolytique des médicaments dans l'organisme, les théories se sont succédées sans apporter l'explication définitive des phénomènes qui se produisent. L'ionisation devient de plus en plus à l'ordre du jour, du fait des progrès de l'électricité d'une part, et d'autre part à cause de ses possibilités d'action médicamenteuse *loco dolenti*.

Nous adopterions volontiers pour la désigner la terminologie de MM. Delherm et Laquerrière : ionothérapie électrique, mais s'il fallait changer ce terme devenu usuel, nous lui préférerions celui de Brondel : la diélectrolyse. Le mot ionisation est en effet impropre, puisqu'il ne désigne que *l'état d'un corps cristalloïde* en solution dans l'eau. Un sel dissous est « ionisé » c'est-à-dire décomposé en ses ions, et le traitement ionique consiste dans le transport des ions au niveau des lésions à traiter.

1. Il nous arrivera pourtant de désigner par ionisation ce mode de traitement, pour sa commodité et son emploi fréquent.

C'est aux travaux de Leduc, de Nantes, qu'il faut avoir recours pour trouver quelques précisions sur les modes d'application qui, pour si précis qu'ils aient été, ne pouvaient suffire à réaliser un traitement de choix.

Nous ne voulons pas seulement dans cet exposé des méthodes actuelles de traitement discuter les causes de la migration des ions, mais montrer dans quelles circonstances ce traitement devra être préféré à d'autres. Nous décrirons ensuite les méthodes d'application en dépendance étroite avec l'anatomie, en indiquant les conditions de réalisation nécessaires, pour qu'une ionisation ait son maximum d'efficacité.

## APERÇU HISTORIQUE (1)

L'an 34 avant J.-C. « Scribonius Largus » guérissait le mal de tête par l'application directe d'une torpille et prescrivait dans la « goutte podagre » des bains de pied dans l'eau où se trouvait ce poisson. (Soulié) (2). Nous retrouvons aujourd'hui cette pratique dans l'Inde et chez certaines peuplades primitives où les paralytiques sont plongés dans des eaux contenant des torpilles et des gymnotes.

Au XVI^e^ siècle, les « triacleurs », les chirurgiens, les apothicaires ont essayé d'utiliser l'électricité dans les traitements de quelques-uns de leurs malades qui venaient se soumettre à leur science. L'histoire de l'électrothérapie ne date véritablement que du milieu du XVIII^e^ siècle, au moment où l'éclosion des sciences amena l'invention des machines électriques. Les premiers qui les utilisèrent furent : KRATSENSTEIN, de Halle, et QUELLEMATZ, de Leipzig, qui en 1744 auraient ainsi traité de vieilles paralysies.

En 1747, JALLABERT, professeur de mathématiques à Genève guérissait une paralysie du bras droit.

1. L'historique est indiquée dans d'autres ouvrages n'établissant toutefois qu'une liste monotone de ceux qui tentèrent l'introduction des médicaments par l'électricité. Nous renvoyons le lecteur aux ouvrages déjà parus et nous donnerons ici les grandes lignes de l'historique en y ajoutant quelques détails qui ne sont pas signalés ailleurs.

2. *Traité de thérapeutique* (1891).

## Premiers essais d'introduction médicamenteuse par l'électricité.

Première période : Pivati. — En 1745, un an après les novateurs des traitements électriques, Pivati, que l'on pourrait considérer comme le père de la cataphorèse (1), quoique jurisconsulte à Venise, soumit un patient à ses traitements audacieux.

En 1749, il relata ses diverses expériences dans une lettre au secrétaire de l'Académie de Bologne, dont il était membre. Il exposa sa façon d'introduire électriquement des médicaments dans l'organisme, et déclara : « que s'il était possible de les introduire dans le corps par le moyen de l'électricité, ce serait une manière tout à fait douce et commode d'administrer les remèdes avec toute leur activité, d'une manière pour ainsi dire insensible ».

Il donna dans cette lettre, éditée en 1750, une description fort amusante des procédés ingénieux qu'il employa. Il enduisait intérieurement des cylindres de soufre, de baume du Pérou ou d'autres produits, selon l'affection à traiter et, mettant sa machine en marche, soumettait à l'action électrique le membre ou la partie malade. Pivati donna à ce nouveau traitement le nom « d'Intonocatura ». En supposant qu'il ait obtenu des résultats, c'était au courant sta-

1. D'aucuns diront qu'il n'est pas possible de lui attribuer cette paternité puisque c'est en notre siècle seulement que l'explication du phénomène fut donnée par Stéphane Leduc, de Nantes. Il n'en est pas moins vrai que ce fut Pivati qui tenta le premier de faire pénétrer des médicaments à travers les tissus vivants : l'hypothèse des ions ne fut que secondaire.

tique qu'il les devait. Ses expériences péchaient par la base, puisque les substances ne pouvaient en aucune façon pénétrer dans l'organisme, il n'en est pas moins vrai que ses théories faisaient prévoir l'ionisation.

Nous savons aujourd'hui que le courant statique peut déterminer les phénomènes électrolytiques sur des solutions et dans les tissus ; mais il met en jeu une quantité d'électricité trop faible pour que les substances entraînées soient décelables.

Seconde période. — La découverte de Galvani (1786-1791) allait faire disparaître du premier plan l'électricité statique, car la pile de Volta apporta aux médecins des possibilités plus grandes et permit d'effectuer des transports de substances actives. C'est Rossi, qui le premier, en 1802, l'utilisa pour faire pénétrer du mercure dans la peau après effraction de l'épiderme. Pendant quelques années, seule la physiologie se servit des nouvelles méthodes de traitements, car les électrothérapeutes, dont la plupart n'étaient pas médecins, en faisaient un emploi exagéré et trop fantaisiste pour que la méthode puisse être acceptée.

En 1823, Prévost et Dumas entreprirent des travaux sur la dissolution des pierres dans la vessie, chez les animaux vivants.

En 1829, Pravaz affirma la possibilité d'évacuer les poisons de l'organisme au moyen du bain hydro-électrique, et expliqua avec Tripier et Ciniselli, les réactions de la peau au niveau des électrodes.

Troisième période. — En 1833, Faraday posa les lois de l'électrolyse qui donnèrent un nouvel essor à l'ionisation.

Fabre-Palaprat, électrothérapeute du XIXe siècle, fit des applications de sulfate de quinine. Malheureusement il n'était pas physicien et commit des erreurs ; il voulut démontrer que le courant était seul vecteur des substances employées. Il utilisa toujours le sulfate de quinine, mais, faisant une interprétation fantaisiste du voyage médicamenteux, il introduisit ce sel dans la pile qui lui fournissait le courant, rééditant la faute de Pivati. Il fit ainsi croire à des guérisons sensationnelles, mais il faut les attribuer à l'action du courant continu.

Dans les années qui suivirent, les expérimentateurs montrèrent la relation qui existe entre l'électrolyse de Faraday et les phénomènes de l'ionisation.

En 1846, Kleinke tenta les premiers essais d'introduction électrique par applications directes sur la peau, et utilisa l'iodure de potassium dans le traitement de la scrofule.

En 1853, Hassenstein essaya la pénétration du mercure dans la syphilis.

Richardson plus tard, parvint avec des solutions de morphine, d'aconit, de chloroforme, à obtenir une anesthésie locale suffisante pour permettre des amputations de membres sur un chien, des extractions dentaires, de petites interventions ne dépassant pas le derme chez l'homme.

De nombreux expérimentateurs, Kunk, Beer, Brum, Grob, Olmutz, continuent les recherches.

En 1884, Erb fit une démonstration capitale en retrouvant dans la sécrétion urinaire les substances introduites : *c'était la première fois que la pénétration médicamenteuse dans l'organisme était prouvée.* On expliqua à cette époque le mécanisme de ces expériences par la théorie physique de la

cataphorèse (1) qui, sans rien expliquer en réalité, satisfaisait les esprits .

En décembre 1885, Brondel, d'Alger, fit une communication à l'Académie de Médecine sur la Diélectrolyse ; (il forgea ce terme pour décrire l'introduction, par l'électricité, de substances chimiques à travers l'épiderme). Mais les erreurs d'expérimentation de ceux auxquels il s'adressa firent prononcer par Dujardin-Baumetz ces mots définitifs : « J'ai le regret de déclarer que la diélectrolyse n'existe pas ». Le phénomène de l'ionisation restait toujours ignoré et en 1892, après Wagner et Corning, on confondait encore électrolyse et cataphorèse.

Un an plus tard, Foveau de Courmelles fit une distinction et obtint avec le courant faradique la cataphorèse sans électrolyse, c'est-à-dire la mobilisation, sans décomposition des produits solubles soumis à l'influence du courant.

Les recherches se poursuivirent avec Destot, Savy, Labatut, Jourdan, Portes, Leuilieux.

En 1897, ce fût Weiss qui prouva enfin la pénétration électrique en montrant les altérations histologiques correspondantes.

Quatrième période. 1900. — Après cette série d'expériences, Stephane Leduc, de Nantes, réalisa enfin la mise au point. A l'aide de la théorie des ions, il donna l'interprétation exacte du phénomène : celle que nous connaissons actuellement. Il fit lui-même des applications thérapeutiques fondées sur ses théories, et l'introduction, par l'électricité,

1. Voir plus loin (chap. III).

de médicaments dans l'organisme, devenait chose courante sous l'impulsion de ses travaux.

Au cours de la guerre, 1914-1918, M. Bourguignon, (en collaboration avec Chiray et Conduché) tente l'assouplissement des cicatrices vicieuses et le décollement des adhérences (1). Il précise le dosage de l'ion Iode introduit par électrolyse et donne des migrations ioniques une interprétation subtile, mais sujette à critiques ; les résultats thérapeutiques qu'il obtient sont au contraire assez satisfaisants. Il inaugure à cette époque un traitement nouveau et audacieux : *l'ionisation transcérébrale.*

Parallèlement, M. Zimmern fait les mêmes recherches sur le dosage et la pénétration des ions. Il en donne une explication toute autre que les précédentes (2).

Les derniers travaux qui mettent l'ionisation au premier plan sont entrepris par MM. Delherm et Laquerrière (3).

1. *Presse Médicale*, 3 août 1916 (Chiray-Bourguignon).
2. *Revue d'actinologie et de Physiothérapie*, janvier-février 1929: L'ionisation et ses applications analgésiques (Zimmern).
3. Laquerrière (Soc. d'Electricité, juillet 24) et Delherm et Laquerrière (Ionothérapie électrique).

*PREMIÈRE PARTIE*

# LA CONSTITUTION DE LA MATIÈRE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE LEURS RAPPORTS AVEC L'IONISATION

---

## CHAPITRE PREMIER

## LA MATIÈRE

### Théories anciennes et modernes.

Pour arriver à la notion des ions, il est obligatoire de considérer la matière dans son intimité structurale sous toutes ses formes, en allant des plus complexes vers les plus simples. La vision directe des objets semble en contradiction avec le principe actuel, que, plus la matière est divisée, plus on approche de particules homogènes et moins différenciées (1). En effet, plus les moyens de division optique et analytique deviennent puissants, plus on découvre de détails insoupçonnés (Ex. : une cellule vivante avec toute son organisation de noyau, de granules, de filaments). Il apparaît impossible d'appliquer ainsi rigoureusement « la continuité mathématique à la réalité ».

Ceci est vrai, quel que soit l'élément auquel on l'applique : fluides compressibles ou autres plus subtils. Ainsi demeure

1. Voir Perrin, *Les Atomes*.

l'idée de la matière indéfiniment discontinue, « trouant par des étoiles minuscules un éther continu ».

Tout ceci, considéré pour un univers sans cesse plus réduit, s'applique également dans l'autre sens, celui d'un monde s'élargissant à l'infini, comprenant dans ses orbes différentes : les planètes, les systèmes solaires, les étoiles, etc...

On parvient en multipliant les procédés d'analyse, au monde moléculaire, puis atomique. Le retour aux enseignements de jadis nous montre que l'hypothèse avait déjà cours à l'époque des tous premiers philosophes qui avaient imaginé une organisation de la matière. Notre conception actuelle n'est pas très éloignée de la leur.

Thalès de Milet 600 ans avant J. C., puis Démocrite, Epicure, Lucrèce, Moschus de Sidon avaient une idée aussi claire que la nôtre de la divisibilité et de la mobilité des éléments. Leur complexité apparut, au XIX^e^ siècle seulement, plus grande qu'on ne la croyait et l'on obtint à cette époque déjà, leur mesure quantitative.

Joule, Clerke Maxwell, donnèrent des chiffres précis sur la grandeur moléculaire.

Dalton (1766-1844) fit la lumière sur les théories constitutionnelles des corps ; il imagina que chaque substance élémentaire, entrant dans leur composition, était formée de particules identiques qui pouvaient passer par tous les états physiques, sans jamais se modifier : les atomes.

Le chimiste allemand, Wilhem Ostwald, après des travaux sur l'ionisation des gaz par les Rayons X, conclut également : « l'isolement et le dénombrement des ions gazeux d'une part, et d'autre part l'accord entre les mouvements browniens des colloïdes et les exigences de l'hypothèse cinétique...

permettent de parler de la preuve expérimentale de la théorie atomique de la matière ».

Stoney en 1891 fait adopter le mot « électron » pour désigner l'unité naturelle d'électricité, c'est-à-dire la quantité de courant nécessaire pour libérer dans une solution à l'une des électrodes, un atome d'hydrogène ou d'un *élément monovalent quelconque*. Il veut dire seulement que chaque atome doit contenir au moins deux électrons : un électron positif, un électron négatif.

C'est Lorentz, en 1895, qui admet ensuite que tous les corps contiennent des particules plus petites que les atomes toutes chargées d'électricité négative : les électrons (il reprend le terme) dont les mouvements permettent l'explication des phénomènes électriques émanant de la matière (1).

C'est au XX^e^ siècle qu'on doit la notion d'un univers électronique et la réduction du nombre des éléments primordiaux à deux au plus : les charges d'électricité positive et négative. Chacun suggère une structure de l'atome : Perrin en 1901 émet l'hypothèse de l'atome planétaire, les expériences de Rutherford en 1906-1909 sur les rayons $\alpha$ du radium la vérifient.

La matière se présentant sous forme de molécules ; chaque molécule est formée de plusieurs atomes identiques ou différents (2). Elle est considérée comme productrice d'énergie. C'est là peut-être le secret de l'action des traitements électriques sur l'organisme. Gustave le Bon avait

1. L'énergie rayonnante par Forestier.

2. Une molécule peut être monoatomique, où encore formée de plusieurs atomes de nature différente ; on la dit *polyatomique*. Elle peut aussi réaliser la combinaison d'atomes de même espèce : c'est alors un *corps simple*.

déjà pressenti cette énergie vérifiée aujourd'hui. On arrive peu à peu à la conclusion que la matière est formée de particules élémentaires : *l'électron et le proton*, où se retrouvent sous une forme positive dans l'un, négative dans l'autre, la charge élémentaire de FARADAY.

Les *protons*, de petites dimensions, ont un diamètre de l'ordre du 10 millionième de micron (micron = 1 millième de mm)..

Les *électrons* sont encore plus réduits : 1800 fois plus petits que les protons.

CONSTITUTION DE L'ATOME. — L'atome, système solaire en réduction, est formé :

1° d'un noyau constitué par des protons et des électrons, ces derniers appelés électrons nucléaires ; le tout portant une charge électrique positive.

2° d'électrons périphériques qui gravitent autour du noyau, possédant également une charge électrique négative cette fois, qui neutralise celle du noyau (1).

C'est la réalisation d'un atome neutre, et ce sont les électrons périphériques qui régissent par leur nombre et la distance qui les sépare du noyau, l'énergie intra-atomique. Elle est difficile à définir, mais on peut considérer qu'elle est produite par la rupture de l'équilibre des charges électriques atomiques, dans le cas en particulier où les charges des électrons seraient plus petites ou plus grandes que celles du noyau. Un corps apparaît ainsi suivant la charge, électropositif ou négatif, et la force qui émane de lui peut varier

1. Voir *Traité de Physico-chimie biologique* de A. DOGNON.

à l'infini suivant sa charge ou l'importance de ce corps ; nous en verrons plus loin le processus.

En 1913, Bohr physicien danois imaginait un atome dérivant de celui de Rutherford : les électrons d'un atome décrivent dans son hypothèse, des orbites circulaires bien déterminées dites stationnaires. C'est au niveau de ces orbites que se passeraient les phénomènes déclanchant l'émission ou l'absorption d'une quantité d'énergie ; c'est aux

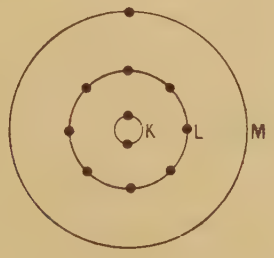


Fig. 1

électrons sautant d'une orbite sur l'autre qu'il faudrait imputer la chose. Sur l'orbite la plus proche du noyau, il n'y a place que pour deux électrons. Mais l'orbite qui l'encercle peut en loger huit, et les suivantes, dix-huit. Tandis que les orbites internes sont toujours remplies, les orbites externes sont instables et la variation dans le nombre de leurs électrons crée un déséquilibre électrique. La charge négative de tous ces électrons périphériques est égale en valeur absolue à celle du noyau positif. C'est ce que l'on nomme : *le nombre atomique.* Un atome n'est stable, que si sur chaque orbite il a des électrons disposés en nombre pair. L'atome le plus stable est l'hélium qui n'a que deux électrons répartis sur la

première orbite saturée ($HE^2$). Le carbone qui est à quatre électrons ($C^4$) est un atome stable.

Le chlore a dix-sept électrons périphériques ; il est plus instable et a tendance à attirer sur son orbite externe où il manque un électron (sept au lieu de huit), un électron surnuméraire. Il a en effet un électron situé sur une orbite plus éloignée, qui sous le moindre choc énergétique provoquera la rupture de l'édifice. Il est donc électro-négatif.

Ainsi se créent les échanges d'électrons entre les corps électro-positifs et électro-négatifs. Le nombre de places libres sur l'orbite électronique externe de chaque corps sera le chiffre indiquant sa *valence*. Un corps est ainsi mono-bi-trivalent, suivant qu'il aura, un, deux ou trois vides électroniques à remplir. Les corps saturés, sans atome libre (hélium) ont une valence zéro.

Certains corps présentent une inertie électrique énorme, c'est-à-dire, d'après cette théorie, une stabilité de leurs électrons ; ils offrent alors une grande résistance au passage de l'électricité et sont dits isolants.

Puis SOMMERFELD substitua aux orbites parfaitement circulaires de BOHR, des orbites elliptiques dans lesquelles les noyaux occupent l'un des foyers de l'ellipse.

Enfin récemment, à cette structure, SHENKAL a substitué une distribution dans l'espace, orbites circulaires et elliptiques demeurant d'ailleurs toujours des niveaux d'énergie. Cette notion fut complétée par DE BROGLIE en 1923, par la conception d'un champ magnétique intérieur à l'atome.

## CHAPITRE II

# LES IONS ET LES SOLUTIONS ELECTROLYTIQUES

### Les ions

Définition. — Les ions sont des particules électrisées résultant de la dissociation d'une molécule dissoute. Ils ne présentent en cet état aucune des propriétés des atomes du corps auquel ils appartiennent et ne peuvent entrer dans aucune combinaison chimique, mais portent une charge électrique. C'est seulement lorsqu'ils seront parvenus dans les tissus, qu'ils perdront cette charge électrique et redeviendront chimiquement actifs.

Ce qui est important pour le médecin, ce ne sont ni l'atome, ni la molécule, mais le groupement ionique qui par sa concentration régit l'action bactéricide d'une solution.

### La charge électrique des ions.

C'est en examinant certaines propriétés des atomes, à l'époque où la constitution de la matière était mal précisée, qu'on parvint à la notion des ions.

En 1805, Grothus démontra que dans une solution électrique, on ne trouve de produits dissociés qu'au contact des électrodes ; il en tira des conclusions ingénieuses sur leur

migration au sein du liquide, sur les combinaisons secondaires qui peuvent se faire, mais n'expliqua pas plus que FARADAY après lui, le phénomène qui a réellement lieu.

FARADAY pénètre, en effet, plus avant dans l'intimité des phénomènes. Il découvre *l'électrolyse* en 1833 et constate que la solution d'un sel traversée par un courant continu est décomposée : les molécules du corps se séparent en 2 éléments qui se dirigent, l'un vers l'anode, l'autre vers la cathode. En vertu de cette puissance migratrice, il appelle « ions » ces produits de décomposition qui sont considérés comme chargés d'électricité contraire à celle du pôle vers lequel ils se dirigent. Il fallait, en effet, qu'ils fussent électrisés pour que le courant pût exercer sur eux une attraction ou une répulsion, selon les pôles autour desquels ils se condensent. Les ions groupés sous le pôle positif ou anode furent appelés : *anions* ; les autres, sous le pôle négatif ou cathode furent appelés *cathions*.

Parmi les premiers se rangent : les métalloïdes et le groupe oxhydrile.

Parmi les seconds se trouvent : les métaux, les alcaloïdes et l'hydrogène.

Mais la décomposition des molécules en ions n'a pas toujours lieu, pour certains corps jusqu'au dernier degré de leur division atomique ; autrement dit : les ions ne sont pas toujours des corps simples. Ils restent souvent groupés en un élément indissoluble, qu'en chimie on nomme radical, et qui est acide ou basique : le premier se rend au pôle positif ; le second se rend au pôle négatif.

Ex. : $NO^3$ — $SO^4$ — OH — $NH^4$ —

*Mais* Faraday *commettait une erreur en attribuant au courant la décomposition de l'électrolyte.* Cette décomposition préexiste au passage du courant qui véhicule les ions épars dans la solution.

Bravais avait prévu cette constitution et l'appliquait aux cristaux auxquels il prêtait une véritable structure réticulaire, vérifiée actuellement par la spectrographie des Rayons X.

Born, il y a quelques années à peine, démontrait que les nœuds du réseau ainsi formé sont occupés par les atomes des cristaux, eux-mêmes chargés électriquement.

Mais Arrhénius montra en 1887 que les ions existent dans une solution avant tout passage du courant. Par sa théorie, il est facile de concevoir que la dissolution d'un sel amène l'effondrement cristallin, avec la libération des atomes électrisés. Si on applique à une telle solution une différence de potentiel, comme l'a fait Faraday, nous constatons qu'un courant passe et nous retrouvons la séparation du sel dissous en ses éléments, avec transport de chacun d'eux vers les électrodes.

L'expérience de Hittorf avec la cuve séparée par une membrane poreuse, que nous ne citons que pour mémoire est devenue trop classique pour que nous la reproduisions ici (1).

L'explication des phénomènes qui se produisent dans la solution nous est encore donnée par Arrhénius : la conductibilité électrique de l'électrolyte est dûe aux charges por-

1. On en trouvera la description dans le précis : *Ionothérapie électrique* de Delherm et Laquerrière et dans la plupart des ouvrages consacrés à l'ionisation.

tées par les atomes Na et Cl d'une solution de chlorure de sodium ; il est admis qu'ils portent la même charge, en valeur absolue, mais de signe contraire (comme le sont, après séparation, un disque de cuivre et de zinc d'abord au contact) et s'attirent électriquement pour former une molécule neutre. (Sinon, l'eau salée ne le serait pas dans son ensemble). Mais s'ils restent séparés les uns des autres, ils ne se comportent plus comme de véritables atomes : ils sont à l'état ionique et *on appelle ion-gramme : la masse des atomes qui, à l'état neutre forment un atome-gramme.*

Ainsi, l'ion-gramme ne présente plus pour un temps les caractères du corps auquel il appartient, et selon les dernières expériences de Loeb, en Amérique, « l'ion, par extension des lois de l'électrolyse aux gaz, serait simplement une molécule électrisée négativement » (1).

C'est au contact des électrodes que l'ion perd sa charge et peut acquérir de nouvelles propriétés chimiques en redevenant un atome.

Tout ceci nous amène à dire que, *la solution d'un sel est une suspension d'ions en milieu liquide, qui seront dirigés par le courant.*

Conclusion. — Ces considérations et celles de la non-conductibilité d'une eau parfaitement pure, réalisant ainsi l'isolant parfait, indiquent qu'il faut, pour les solutions ioniques, conclure :

1° à une différence de potentiel ;

2° à l'existence d'ions de charges contraires attirés par les pôles de charge plus puissante.

1. *L'électron* par R.-A. Millikan (Traduction de Lepape).

Lorsque ces deux phénomènes sont réalisés, le courant passe. Résumons avec LEDUC : le déplacement des ions est « le courant électrique lui-même ». (1)

### LA VALENCE ÉLECTRIQUE : CHARGE D'UN ION-GRAMME

Cette idée de charge élémentaire minimum à laquelle nous sommes arrivés, avait, nous l'avons vu plus haut, été prévue par LORENTZ. Nous avons déjà admis l'identité de charge pour tous les ions Cl de l'eau salée et nous lui avons attribué la différence de propriétés chimiques entre l'ion et l'atome. Si nous considérons maintenant une solution de chlorure de potassium (Kcl), nous retrouvons dans le chlore de Kcl, les mêmes propriétés chimiques que dans celui de Nacl. Ces ions-chlore sont donc probablement identiques. On peut admettre que de proche en proche, tous les atomes ou groupements d'atome (Cl, Br, $NO^2$, Na, K...), possèdent la même charge positive ou négative, quand ils deviennent libres sous forme d'ions. Il en est de même pour une solution de chlorure de baryum ($BaCl^2$), dans laquelle un seul ion Ba est formé pendant que naissent 2 ions Cl : $\leftarrow Ba \mid Cl^2 \rightarrow$.

La charge portée par l'ion Ba provient d'un atome bivalent, elle doit donc valoir 2 fois la charge de l'ion Cl, mais avec le signe contraire.

1. Les expériences de BRAVAIS tendent à montrer que les ions préexistent à leur dissolution, ceci dans la chimie cristalloïde. Les substances organiques cristallisées n'auraient au contraire aucune trace d'ions, mais seulement des molécules. Il existerait peut-être ainsi deux types d'union par combinaison chimique : celui des atomes ou de radicaux lâchement liés, les « électrolytes » et celui plus intime de dissociation difficile, les corps de la chimie organique « non électrolytiques ». Une réserve s'impose : *des corps organiques peuvent entrer en combinaison avec un corps inorganique et devenir « ionisables »*.

Il en est de même pour plusieurs autres solutions de sels à atome bivalent ($ClCl^2$) et la règle s'applique de la même façon pour les atomes trivalents, etc... C'est la démonstration la plus simple de la corrélation entre la valence et la charge des ions, et nous retrouvons ici, une chose prévue dans les chapitres précédents : dans un électrolyte, chaque valence brisée amène une charge, *toujours la même*, sur les atomes reliés auparavant par cette valence.

« De même la charge d'un ion doit toujours être un mul-

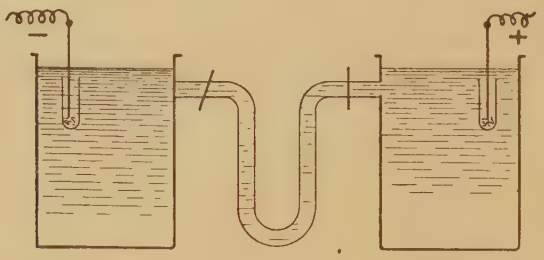


Fig. 2

tiple exact de cette charge élémentaire invariable ». Ces présomptions sont en concordance parfaite avec les résultats que montre l'étude de l'électrolyse. En effet : considérons deux électrodes dans un électrolyte. Leur surface est le siège de modifications : bulles gazeuses, parcelles solides, etc... qui montent et descendent, et altèrent ainsi les régions qu'elles traversent.

Pour éviter cette souillure, utilisons deux cuves reliées par un siphon. Dans chacune d'elles plonge une électrode ; les corpuscules dont nous venons de parler, qu'on recueille précieusement, ne peuvent pénétrer dans la colonne liquide du siphon qui par contre est traversée par le courant.

On constate que ce passage n'altère pas l'électrolyte. Il suffit d'enlever le siphon après qu'une certaine quantité d'électricité est passée et de faire l'analyse du liquide qu'il contient pour en avoir la preuve. Par contre, l'analyse des deux compartiments, en comprenant les produits formés au niveau des électrodes, fera trouver si on a électrolysé de l'eau salée par exemple : dans le compartiment cathodique :

1° de quoi refaire la cathode ;

2° de quoi refaire de l'eau salée ;

3° un excès de sodium = à X atomes grammes.

dans le compartiment anodique :

1° de quoi refaire l'anode ;

2° de quoi refaire de l'eau salée ;

3° un excès de chlore égal au même nombre d'atomes grammes de sodium.

*De quelque façon qu'on varie l'expérience, la même quantité d'électricité détermine la décomposition du même nombre d'atomes-grammes.*

En faisant traverser l'électrolyte par une quantité 2, 3, 4 fois plus grande, on décomposera 2, 3, 4 fois plus d'électrolyte. La proportionnalité a été fixée par la dénomination du « Faraday » qui est la quantité F d'électricité = à 96550 coulombs (1) dont le passage provoque la décomposition de une molécule-gramme de sel marin. Nous savons que dans

1. L'énormité des charges ioniques semble devoir être signalée ; les calculs montrent que si l'on pouvait réaliser deux sphères contenant chacune un atome-milligramme d'ions monovalents et si on les plaçait à 1 cm. de distance elles se repousseraient ou s'attireraient avec une force égale au poids de 100 trillions de tonnes. Ceci suffit à expliquer qu'il soit impossible de séparer en masse notable, soit par diffusion spontanée, soit autrement, les ions de signe contraire Na et Cl présents dans l'eau salée. (PERRIN, *Les Atomes.*)

une molécule-gramme se trouvent N molécules réelles du corps considéré (N étant le nombre d'Avogadro = à $6{,}02 \times 10^{23}$ valeur moyenne obtenue par différentes méthodes). Par conséquent un ion portera une quantité d'électricité = à $\frac{1 \text{ Faraday}}{N}$

Cette quantité a été appelée « e ».

Des mesures effectuées sur le rayonnement cathodique (à l'aide des déviations dues aux champs électriques et magnétiques) ont permis de montrer, que cette charge « e », est la charge portée par un électron. Cette quantité « e » nous apparaît par conséquent comme étant la plus petite qu'on puisse isoler. C'est un *véritable atome d'électricité* comme l'avait fait observer HELMHOLTZ en 1880.

Toutes ces observations sont celles qui ont fait croire jusqu'ici à la structure atomique de la matière et de l'électricité, qui ont fait connaître les rapports atomiques avant même de concevoir les grandeurs absolues de ces éléments. Il est à peine besoin d'ajouter qu'ils échappent tous à l'observation directe. L'approche d'une limite dans la division de la matière n'est encore apparue à personne.

CHAPITRE III

# VARIATIONS DES PHÉNOMÈNES ÉLECTROLYTIQUES AVEC LE MILIEU

Dans une application thérapeutique, le transport des ions se fait à travers plusieurs milieux, séparés par des parois et des membranes diversement perméables, entre lesquelles se produisent de continuels échanges. Les tissus des êtres vivants sont en effet formés de solutions vraies, ce sont les *électrolytes ou cristalloïdes*, et de pseudo-solutions, ce sont les *colloïdes*.

## 1° Les électrolytes

Ils sont bons conducteurs de l'électricité, mais les phénomènes observés varient suivant leur composition chimique.

a) *Pour les acides*, par exemple : dans l'eau acidulée avec quelques gouttes d'acide sulfurique ($SO4H^2$), il se produit :

à la cathode, un dégagement d'hydrogène ;

à l'anode, une libération du radical $SO^4$ et dégagement d'oxygène.

Mais $SO^4$ libre tend à décomposer l'eau et à s'emparer d'un de ses éléments, $H^2$ pour faire à nouveau de l'acide sulfurique. O, autre élément de l'eau devenu libre se dégage.

On peut schématiser les deux phénomènes qui ont lieu simultanément en réalité :

1° $H^2O + SO4H^2 = H^2O + SO^4 + H^2 \nearrow$

2° $SO^4 + H^2O = SO^4H^2 + O \nearrow$

b) *Pour les sels métalliques,* exemple : avec le sulfate de cuivre ($SO^4Cu$) il y a :

à la cathode, production et accumulation du cuivre ;

à l'anode, si celle-ci est du même métal que celui de la solution, il y a combinaison avec $SO^4$ pour refaire du Sulfate de Cuivre. Ceci a lieu jusqu'à épuisement de l'électrode. C'est le principe de la galvanoplastie ou transport du métal anodique vers la cathode $SO^4 + Cu = SO^4Cu$.

c) *Pour les solutions salines.* — Dans celles du corps humain par exemple, formé en majeure partie de chlorure de sodium, il se produit un phénomène semblable : les électrolytes en se dissociant, présentent une augmentation apparente de leurs molécules : ce sont, en réalité des ions qui se forment au sein du liquide, comme nous l'apprend l'étude du PH (1).

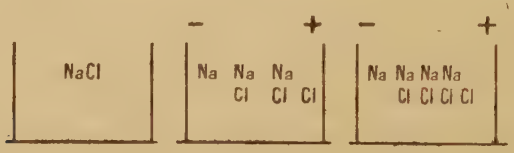


Fig. 3

Or, à mesure que le sel se dissout, il y a élévation de la température : ceci est dû à l'énergie émise par la libération des ions. D'autre part, le PH d'une solution varie en sens

1. Le PH est, nous le rappelons, la détermination de la concentration en ions H d'une solution. Il est possible par ce procédé de connaître le pouvoir de dissociation d'un électrolyte : c'est l'ionométrie, qui peut se faire à l'aide de solutions colorées : colorimétrie ; ou par l'évaluation de la conductibilité électrique de la solution, qui varie avec le nombre des ions : c'est l'électrométrie.

inverse de la température. Dans le cas particulier, si on détermine le PH de la solution, on constate que sa valeur diminue ; c'est donc que le nombre des ions augmente et se stabilise, quand la dissolution du chlorure de sodium est achevée. Ce dernier se dissocie en I ion-chlore et I ion-sodium, qui sont chargés électriquement et présentent cet état d'équilibre électrique particulier que nous connaissons déjà et qu'on nomme l'état ionique.

Ce phénomène a lieu aussi bien dans une cuve contenant la totalité de la solution, que dans un récipient divisé par de nombreuses cloisons poreuses, qu'on peut considérer comme la représentation de l'organisme, de ses cellules et des cloisons intercellulaires. Tous ces phénomènes sont liés à d'autres propriétés particulières des électrolytes : la pression osmotique et la diffusion.

En outre des corps dits isolants et des électrolytes, il existe des corps dits « ampholytes » qui peuvent, suivant le milieu qu'ils veulent neutraliser, se comporter comme une base ou comme un acide. Le corps humain renferme une notable proportion d'ampholytes qui sont les lécithines, les acides aminés, les matières protéiques, etc...

### La pression osmotique.

La pression osmotique est la force qui détermine les mouvements et les échanges entre des solutions de concentrations différentes, mises en contact immédiat ou séparées par des membranes plus ou moins perméables.

Considérable dans les solutions vraies, elle consiste, comme l'a fait remarquer Van T'Hoff, en ce que la matière dissoute

se comporte comme un gaz : *les molécules sont mobiles les unes par rapport aux autres* ; elles tendent à se répandre pour occuper, d'une manière homogène, tout l'espace que leur offre le volume du solvant qui joue alors le rôle du vase contenant un gaz. Elles exercent une pression sur les limites des espaces qui les renferment : c'est la pression osmotique.

L'organisme formé de pseudo-solutions et de solutions vraies est donc soumis à des pressions osmotiques en tous ses points. « La pression sanguine est énorme ; on se demande comment elle ne se manifeste pas plus bruyamment : cela tient à la résistance du solvant au mouvement des molécules dissoutes. En effet, un liquide oppose une section de 100 $cm^2$ au mouvement d'un cube de 10 cm. de côté. Si le même volume est divisé en 1.000 petits cubes d'un centimètre de côté, le même liquide opposera à leur mouvement une section de 1.000 $cm^2$. La section du liquide qui s'oppose au mouvement d'une masse donnée augmente avec la division de cette masse et devient énorme pour la division moléculaire. » (1).

### La diffusion.

Les mouvements observés dans une solution et produits par la pression osmotique ont lieu des substances les plus concentrées vers les moindres : c'est le phénomène de la diffusion. Par contre, l'eau considérée comme solvant, a tendance à se mouvoir en sens inverse pour équilibrer la dissolution. Les travaux de Leduc ont montré que ces phénomènes suffisaient à provoquer dans les milieux liquides, des orga-

1. *Les ions et les médications ioniques* (Stéphane Leduc).

nisations structurales semblables à celles des tissus vivants : les cellules produites artificiellement par diffusion de solutions à concentration déterminée ont une membrane d'enveloppe, un cytoplasma, un noyau présentant les mêmes particularités que les cellules vivantes et on parvient à reproduire les différents types cellulaires connus, qui présentent tous les caractères de la vie (croissance, reproduction...) à condition de les placer dans un milieu nutritif convenable.

Avec Leduc, nous pouvons dire que « la résistance des plasmas et des membranes aux mouvements de diffusion est une notion de biologie générale. » Elle intervient dans tous les phénomènes vitaux. *Les ions eux-mêmes se dissocient ou s'accolent avec une puissance en rapport avec les résistances diverses qu'ils rencontrent.* Cette inégalité de résistance des tissus vivants aux mouvements moléculaires et ioniques semble régir, pour la plus grande part, le mobilisme et sans doute aussi les phénomènes électriques des êtres vivants. « La propriété des forces électro-motrices et des divers courants semble être la résultante » de ces deux puissances physiques, l'une active : la pression osmotique que nous venons de décrire ; l'autre passive : la résistance des membranes et des plasmas aux coups de bélier ioniques. Il paraît probable aussi que les phénomènes chimiques de la vie doivent être provoqués par ces résistances inégales aux diverses molécules et aux différents ions. A cette résistance s'ajoute un phénomène appelé : *hydratation des ions.* Il est dû à ce que l'eau de l'organisme étant constituée par deux ions, l'un H qui est positif, l'autre O H qui est négatif, c'est un *dipôle* qui tend à s'accoler aux ions de chaque pôle et à les escorter d'une véritable enveloppe de molécules d'eau qui retarde leur migration.

Il est encore un point à noter : *celui du coefficient de dissociation.* Les électrolytes présentent une pression osmotique plus élevée, et une température de congélation plus basse que celles qu'on calcule d'après la concentration moléculaire. Ils se comportent toujours comme si cette concentration était supérieure à celle qui correspond au poids de la substance dissoute (comme s'il y avait plus de molécules qu'on n'y en a mis).

Arrhénius expliqua que les substances en solution se comportaient comme certains gaz, en ce que leurs molécules se dissociaient en 2, 3, 4,... fragments, contribuant chacun comme une molécule entière, à produire la pression osmotique et à abaisser le point de congélation. Si par cette dissociation, l'ensemble des molécules *actives* est « N » fois plus grand que celui des molécules en poids, il faut multiplier par « N » les chiffres prévus d'après la concentration moléculaire en poids pour avoir la pression osmotique et l'abaissement du point de congélation réel. »

Ce coefficient de multiplication s'appelle *coefficient de dissociation.*

Du point de vue de l'utilisation des *solutions* en thérapeutique, il est *possible*, pour connaître leur valeur ionisante, *de calculer leur dissociation* (pour chaque température et chaque solution) si l'on admet avec Arrhénius que les lois de Raoult (1) relatives à la température de congélation des

1. Lois de Raoult : Si un corps est dissous dans l'eau, la température de congélation est plus basse et la température d'ébullition plus élevée que si l'eau est pure. Raoult a établi que cette influence est :

1° Proportionnelle à la concentration ;

2° Identique pour deux manières quelconques de concentration moléculaire égale.

molécules neutres, s'appliquent aussi aux molécules dissociées. Le résultat concorde avec celui qu'on déduit de l'étude des conductibilités électriques. Cette rencontre au même point, par des procédés différents, montre la parenté profonde qui existe entre la température de congélation et la conductibilité électrique. C'est le renforcement de la théorie d'Arrhénius. Signalons enfin que M. Zimmern a attiré l'attention sur l'importance des équivalents électro-chimiques des différents ions, dans leur pénétration intra-organique qui élève la quantité de substance introduite dans l'organisme et augmente la diffusibilité des alcaloïdes en particulier. Cet auteur a dressé un tableau de ces équivalents, inspiré de celui de Leduc.

### Conséquences thérapeutiques.

De tout ce qui précède, il résulte du point de vue thérapeutique que : 1° pour le choix des substances à introduire, car il est facile avec ces données de connaître leur proportionnalité ionique, et leur degré de dissociation qui représente le coefficient *d'activité chimique et médicamenteuse.* D'autres solvants électriquement neutres par eux-mêmes, couramment utilisés : alcool, chloroforme, glycérine, ne dissocient pas les électrolytes. Puisqu'il n'y a pas formation d'ions dans de telles solutions, il n'y a aucune manifestation de leurs propriétés chimiques ; elles sont électriquement neutres et *conductrices.* L'absence de dissociation de ces solvants explique la suppression des effets ordinairement observés, et la disparition dans certaines préparations, des effets médicamenteux, toxiques et caustiques. Le phénol, par exemple, en solution dans la glycérine neutre, n'est ni caustique ni toxique. Il

faudra, si on utilise cette solution dans un foyer infecté, s'abstenir de « tout lavage à l'eau » qui libérerait les ions « phénol » trop brutalement. Dans ce cas, la dissociation nécessaire à l'action médicamenteuse se fait sans dommage pour les tissus, lentement et régulièrement au contact des liquides organiques.

2° D'autre part, les propriétés toxiques et pharmacologiques des substances électrolytiques dépendent des groupements ioniques : considérons les phosphures et les phosphates. Les uns sont toxiques, les autres ne le sont pas. Unis à des cathions d'action faible, tous les phosphores produisent les mêmes effets nocifs. C'est à l'ion phosphore que sont dues ces propriétés. Les phosphates contiennent du phosphore en même quantité, mais qui fait ici partie d'un ion complexe de propriétés différentes, d'où transformation des actions toxiques en actions thérapeutiques. Cette toxicité dépend aussi, nous l'avons vu, des équivalents électro-chimiques.

Cette remarque s'applique à tous les ions et on n'obtient le plus souvent, que la manifestation de l'ion complexe dont fait partie le métal qu'on veut utiliser.

### 2° Les colloïdes.

L'organisme renferme 60 % de solutions colloïdales et l'action du courant se fait sentir sur elles comme sur les sels en solutions. On y observe quoique plus complexes, les phénomènes que nous venons de décrire. D'après la célèbre expérience de Weiss, on constate que « sous l'influence du courant, les colloïdes créent des phénomènes de polarisation c'est-à-dire, une diminution progressive de la force électro-

motrice, véritable *freinage* par décharge des ions, qui, au contact des tissus perdent leur électricité et reprennent leurs affinités chimiques » (1).

On a beaucoup trop insisté en établissant une ligne de démarcation très nette entre les cristalloïdes et les colloïdes : ceux-ci sont soumis aux mêmes forces, possèdent les mêmes propriétés. Il n'existe aucune limite tranchée, le passage est insensible, toutes les propriétés se retrouvent, il n'est question que de quantités. En effet, les colloïdes sont formés de très grosses molécules, leurs solutions sont toujours de faible concentration moléculaire et ont de faibles pressions osmotiques. Mais de même que c'est sous de faibles pressions que les gaz nous révèlent leurs plus importantes propriétés, c'est aussi par leurs pressions infimes que les colloïdes ont le plus grand rôle biologique. On veut l'oublier trop souvent.

La représentation et l'étude d'une molécule colloïdale sera facilitée par l'exemple que nous empruntons à M. Perrin (2) celui d'un des flocons blancs obtenus par un mélange de sel et d'eau de savon ; son contour vu de loin semble net, il le devient de moins en moins à mesure qu'on l'examine de plus près, la loupe le montre plus vague encore.

« L'œil ne réussit à fixer de tangente en un point : une droite qu'on serait porté à dire telle, au premier abord, paraîtra aussi bien, avec un peu d'attention, perpendiculaire ou oblique au contour. » Il en est de même des particules sans cesse en déplacements et rotations, observées dans le mouvement

1. Dr Pierre Rousseau « Electrothérapie » (*Electro-Radiologie*, Editeur A. Colin).
2. *Les Atomes* (Jean Perrin).

brownien des colloïdes en état d'équilibre, ou de toute autre particule en suspension dans un fluide.

### La cataphorèse.

Pendant longtemps et jusqu'en 1886, on attribua le transport des substances actives à une propriété curieuse du courant galvanique : des molécules sont transportées sans décomposition dans le sens du courant, du pôle + vers le pôle −. Mais ce ne sont que des molécules d'eau. Ce phénomène qui repose sur le phénomène de Porret fut appelé la « cataphorèse » (1).

### Expérience de Porret.

Si deux cuves remplies d'eau, l'une poreuse plongée dans l'autre, sont reliées chacune à un des pôles d'une source de

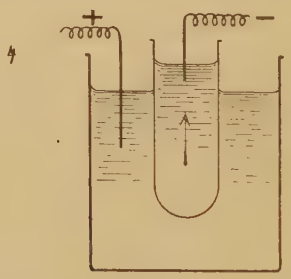


Fig. 4
Phénomène de Porret.

courant continu, au bout d'un certain temps, le niveau de l'eau monte dans le compartiment cathodique. Il s'agit

1. « Cataphorèse » : aller en bas. Les molécules descendent le courant du pôle positif vers le pôle négatif.

vraisemblablement d'un phénomène d'osmose dû à la modification chimique du liquide traversé par le courant et non d'un transport de l'eau en masse comme on l'a d'abord cru. C'est l'électro-osmose. De plus, on ne l'observe vraiment qu'avec des solutions non électrolytes ou faiblement conductrices, de grande résistance, ce qui est le cas des solutions colloïdales ; il faut pour le produire, une différence de potentiel élevée, supérieure aux quantités thérapeutiques de courant, et *l'élévation du liquide demande des heures pour atteindre une hauteur de quelques millimètres seulement*, alors qu'en pratique, dans une application sur l'organisme, l'afflux de liquide à la cathode a lieu dans le même temps que les phénomènes électrolytiques. Il est dû non pas à la cataphorèse mais à l'hydratation des ions (voir plus loin).

Ces phénomènes se produisent aussi sur l'organisme : lorsqu'un courant continu le traverse, on constate au bout d'un temps variable selon les cas :

un assèchement des tissus sous l'électrode positive, une conservation parfaite de l'état hydrophile au pôle négatif, et parfois même, après une longue séance, un véritable gonflement sous le pôle négatif. Ce phénomène semble voisin de celui que nous étudierons plus loin au sujet des réactions polaires. Il peut être utilisé en pratique lorsqu'on se trouve en présence d'une région malade à traiter : là où il y aura gonflement, œdème, il y aura intérêt à mettre le pôle positif.

Or, on a trouvé que certaines substances sont transportées en sens contraire : c'est l'anaphorèse.

(L'hydrate de fer, l'hydrate d'argent, l'ohyhémoglobine

vont vers l'anode ; le bleu d'aniline, le sulfure arsénieux, l'or, le soufre, les sulfures métalliques vont vers la cathode) (1). Le phénomène a été mis en évidence par LINDER, EUSCH, PICTON et a permis de classer les colloïdes en colloïdes électro-positifs, et colloïdes électro-négatifs.

Devant ces faits contraires, il n'est plus possible d'attribuer à la cataphorèse le transport des substances actives.

### CONCLUSIONS SUR L'ÉLECTROLYSE DES TISSUS VIVANTS.

I° La cataphorèse n'a plus dans l'explication du transport médicamenteux la place prépondérante qu'elle occupait autrefois. Il ne faut pourtant pas la nier, et si les phénomènes ne sont pas encore nettement éclaircis, il ne faut pas oublier que lorsqu'on fait une ionisation dans les tissus, il se produit en réalité, plusieurs phénomènes. Il est possible d'en établir une classification, par ordre d'importance, sans toutefois la rendre définitive.

1 phénomène principal :

1° Electrolyse et transport des ions de la substance à introduire.

3 phénomènes secondaires :

1° Electrolyse des solutions cristalloïdes de l'organisme ;

2° Cataphorèse des solutions colloïdales de cet organisme ;

3° Electro-osmose de la solution active employée.

1. *Electrothérapie* par VIGNAL.

Phénomènes tertiaires :

Dus aux contacts polaires produits par les électrodes (Voir plus loin).

L'expérience future apportera sans doute des éléments qui permettront d'établir la part qui revient à chacun d'eux.

II° Il n'est pas interdit de penser que peut-être la cataphorèse des solutions colloïdales puisse être utilisée. Les grosses molécules des colloïdes peuvent, en thérapeutique, trouver une application pour éviter, par exemple, une diffusion plus rapide des ions.

*DEUXIÈME PARTIE*

# L'ÉLECTROLYSE DES TISSUS VIVANTS

## CHAPITRE PREMIER

## ACTION DU COURANT GALVANIQUE

Pour comprendre l'action physiologique du courant continu, il faut d'abord étudier les phénomènes physico-chimiques qui se produisent sous son influence. L'étude des solutions électrolytiques facilite leur connaissance : ce sont, plus complexes, des phénomènes d'électrolyse. D'après l'hypothèse vraisemblable de LEDUC, cette action consiste en un déplacement, une dissociation des ions en suspension dans les solutions plasmatiques. On observe des effets interpolaires et des effets polaires de contact.

La décomposition physico-chimique qui a lieu dans les tissus, suivant les lignes de force du courant électrique, entraîne une modification sensible de la structure cellulaire qui varie avec son intensité.

*A intensité élevée,* les colloïdes cellulaires perdent leur équilibre électrique, la floculation se produit, les cellules sont frappées de mort, et on a pu voir expérimentalement l'électrolyse de tout un membre amener une dégénérescence neuro-

musculaire rapide et définitive. Les expériences de Weiss le montrent : avec des excitations, toujours de même sens, un muscle de grenouille diminue rapidement la force de ses contractions ; des excitations par un courant alternatif ne produisent pas d'altération.

*A intensité basse* ou moyenne, c'est-à-dire à dose thérapeutique, il n'y a qu'une mobilisation des ions des tissus, sans troubles du statisme physico-chimique de leurs éléments.

Les effets physiologiques de ce courant sont les suivants : action analgésique, circulatoire et trophique.

a) *Analgésique* : elle est prouvée par les résultats obtenus dans de nombreux cas douloureux : névralgies, lésions articulaires, douleurs abdominales d'origine sympathique.

En général, *le pôle positif est plus analgésique* que le pôle négatif.

b) *Circulatoire* : on l'observe dans les lésions inflammatoires, les œdèmes et les stases. Lorsqu'on a pratiqué une galvanisation étendue sur le torse ou l'abdomen, au niveau des plexus nerveux et des gros vaisseaux, on remarque une hypotension artérielle de courte durée, mais nette. Le pôle négatif provoque une vasodilatation intense des téguments, véritable sinapisation plus accentuée qu'au pôle positif.

c) *Trophique* : Due à des phénomènes d'excitation des terminaisons nerveuses sympathiques, ce qui explique l'action du courant sur les fonctions glandulaires (glandes salivaires, glandes intestinales),) ou à des phénomènes d'inhibition.

Il y a lieu de signaler que Guilloz et Hirtz ont étudié avec des doses un peu élevées, l'action du courant galvanique sur les graisses de l'organisme et les fibres musculaires : les

premières ont tendance à diminuer, les autres sont tonifiées. En outre, à des doses élevées, proportionnelles à la dimension des électrodes, le courant peut produire une destruction cellulaire par coagulation avec escarre. Ce phénomène est utilisé en chirurgie cutanée ou muqueuse, avec des électrodes appropriées.

Ceci est utile à connaître pour éviter au cours des séances d'ionisation les contacts métalliques qui risquent de brûler le malade.

## CHAPITRE II

# INTRODUCTION DES IONS MÉDICAMENTEUX

### Modes et voies de pénétration. — Évolution dans l'organisme.

Les connaissances acquises dans l'étude de l'électrolyse et de la migration des ions dans les tissus vivants, ont permis de réaliser, pour certaines affections, un nouveau mode d'introduction dans l'organisme : l'ionisation ou ionothérapie électrique ou diélectrolyse. Tous les expérimentateurs qui ont étudié l'absorption médicamenteuse par ce moyen, l'ont recherchée d'abord dans différents milieux.

1° *Dans les milieux inertes.* – C'est Chatzsky, qui en fit la démonstration sur la pomme de terre. Ses expériences sont trop connues pour que nous insistions ici.

2° *Dans les tissus morts.* – Labatut prouva que les ions pénétraient. Mais les conditions dans lesquelles il se trouvait sont trop différentes de celles qui nous intéressent pour être relatées.

3° *Sur les animaux.* — Labatut montra la pénétration de l'arséniate de soude qu'il dosa. Eush, obtint en quelques minutes la traversée par l'ion Iode d'une grenouille reliant deux cuves. Leduc fit sur deux lapins l'expérience suivante, fondamentale et élémentaire :

Une électrode de sulfate de strychnine est placée sur la peau d'un lapin tandis qu'une électrode de cyanure de potassium est mise sur l'autre. Ces animaux sont reliés entre eux par deux électrodes imbibées d'eau. Si le courant passe dans un sens, il ne se produit aucun phénomène anormal ; s'il est inversé, les deux lapins meurent en quelques instants, l'un d'intoxication strychnée, l'autre d'empoisonnement cyanique.

Nous rappelons cette expérience parce qu'elle réfute l'opi-

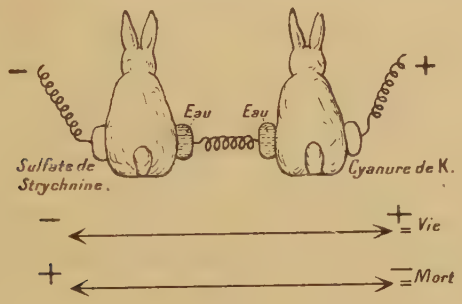


Fig. 5

nion admise avant Leduc de l'absorption cutanée simple, au contact d'une solution, sans l'intervention du courant.

On a cherché à connaître exactement la profondeur de pénétration des ions, et les voies qu'ils empruntent.

Jusqu'à présent les expériences ont été difficilement réalisables, du fait que les recherches histologiques sont impossibles pendant un phénomène qui cesse immédiatement après le passage du courant. Mais de ce qu'on n'ait pu encore mettre le fait en évidence, d'une manière tangible, il ne s'ensuit pas que les ions n'aient pas pénétré dans l'intimité des tissus, en vertu de la force électrolytique, d'un véritable tro-

pisme nerveux, ou d'un autre phénomène encore inexpliqué. L'action d'un ion ioduré ou salicylé sur une algie profonde le montre. LEDUC, EHRMANN, BOURGUIGNON admettent qu'ils passent par les orifices glandulaires. (Ionisation au Permanganate de Potassium ou au bleu de Méthylène.)

Ceci n'est pas absolument prouvé, car physiologiquement, le courant peut fort bien provoquer une contraction des glandes, s'opposant à la pénétration (?).

Mais il n'est pas impossible de songer qu'il peut exister des échanges ioniques à d'autres niveaux : la couche cornée, de l'épiderme par exemple, qui devient perméable au cours de la séance, par imprégnation. MM. TUFFIER et MAUTÉ ont expérimenté sur les ions colorés et constaté leur diffusion dans les assises cellulaires épidermiques. Ce sont les seules observations directes de la présence d'ions dans les tissus.

*Que deviennent-ils dans l'organisme? Comment agissent-ils?*

Tout porte à croire qu'une fois introduits les ions ne se comportent pas tous de la même façon. Les uns sont peu diffusibles et restent sur place, s'accumulant à des profondeurs variables dans les plans cutanés sous l'électrode. Les autres, diffusibles, se comportent suivant quatre modalités probables :

1° condensation sous les pôles d'introduction ;

2° transport d'une faible partie dans les tissus, suivant les lignes de forces interpolaires du courant, ceci se faisant à travers les régions les plus perméables, en particulier les espaces cellulaires et lymphatiques ;

3° entraînement par les courants sanguins et lymphatiques d'une autre partie qui a pu franchir les minces parois des capillaires (fig. 6) ;

4° fixation d'après leurs affinités chimiques ou physiques : (nouvelles combinaisons ou absorptions phagocytaires (?).

On voit qu'il existe pour les ions des évolutions différentes qu'il est impossible de déterminer exactement, car elles dépendent aussi de la structure des tissus traversés, des propriétés individuelles et de la nature de chaque ion.

Il reste à connaître la vitesse de pénétration et la quantité

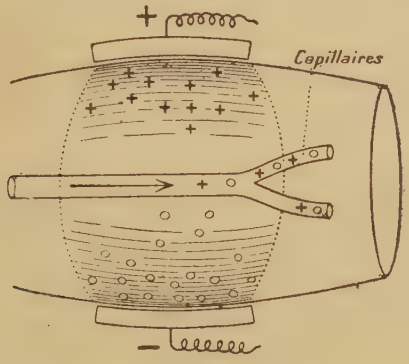


Fig. 6
Trajet des ions le long des lignes de force du champ électrique.

introduite. Cette vitesse est inversement proportionnelle à la grosseur des ions (variable avec la substance considérée), à la viscosité du solvant, à la composition des tissus, et à l'intensité du courant. La grosse difficulté pratique est d'obtenir une pénétration homogène et toujours la même dans un temps déterminé, car elle est modifiée par les ions parasites qui ne manquent pas de se produire aux dépens : des gaz dissous dans l'eau des solutions, des impuretés du sel employé, des impuretés des électrodes utilisées (coton, compresses, etc...), de celles enfin trouvées au niveau de la peau

et dans son épaisseur, variable avec la région à traiter et avec chaque individu.

Le dosage de la quantité introduite n'a pu se faire jusqu'à ce jour ; on a seulement réussi à doser l'élimination par les urines, mais avec chaque application, la quantité et le temps de pénétration sont différents. Cette quantité est fonction du degré de diffusibilité des ions et varie avec leurs équivalents électro-chimiques.

Quant au mode d'action, il est probable que l'explication définitive est loin d'être donnée. Mais il semble que les effets de l'ionisation soient totalement différents de ceux qui sont dus à l'introduction des produits actifs par les voies ordinaires.

Nous l'étudierons en détail dans la troisième partie. Il a été démontré que l'ion cocaïne, par exemple, n'agit pas comme une injection, qu'il anesthésie, mais ne diffuse pas ; l'analgésie demeure localisée à la surface de l'électrode. Les ions diffusibles ont une action totalement différente.

Toutes les expériences voulant prouver la pénétration et la vitesse des ions, n'ont porté que sur des substances à pénétration lente ou qui précipitent rapidement (sels d'argent, de manganèse, solutions salicylées, colorées) et il n'est guère prudent de conclure, d'après ces recherches qui ne sont à vrai dire encore que des essais. Il est probable aussi qu'un ion agit localement par sa charge électrique sur les assises cellulaires, d'une façon différente de celle des mêmes solutions, ingérées ou injectées.

### Recherche dans les urines.

Pour se rendre compte de la perméabilité du corps humain aux ions, il est facile de réaliser l'expérience la plus simple qui consiste a faire une série d'ionisations, puis, à rechercher dans les urines la présence du médicament introduit.

Labatut rechercha au spectroscope l'apparition de la raie du métal ou métalloïde utilisé. Par ses variations d'intensité, il établit les variations de l'élimination.

Bordier, Destot, Savy firent les mêmes expériences.

Les derniers travaux, de M. Bourguignon, portent sur l'élimination de l'iode. Il fit l'expérience sur lui-même, et après des dosages effectués dans l'urine, en collaboration avec M. Conduché, il conclut aux résultats suivants :

1° *La quantité d'iode introduite réellement par électrolyse est inférieure à celle que le calcul semble indiquer.* — Il est en effet impossible d'éviter les causes d'erreurs dues aux ions parasites qui gênent le transport de l'ion Iode. Le dosage de deux électrodes est aussi approximatif que celui d'une cuve formant cathode, car on ne connaît pas exactement la surface par laquelle pénètrent les ions ; le calcul préalable ne peut donner un chiffre précis, en concordance avec la quantité introduite.

2° *L'iode s'élimine par les urines avec un retard et un taux variable suivant les cas.* — De là, à conclure comme il le fait, à une mise en réserve dans le corps thyroïde, puis à une électrolyse secondaire de l'ion remis en circulation, il y a certes loin. Toute valable que soit l'hypothèse dans une certaine

proportion, il est plus vraisemblable que l'accumulation se fait dans les tissus, à l'un des pôles, et l'élimination a lieu à mesure que les ions parviennent à franchir les parois vasculaires, et sont entraînés dans le torrent circulatoire.

## CHAPITRE III

# LES PHÉNOMÈNES OBSERVÉS AU COURS D'UNE IONISATION

### Ions parasites. Polarisation. Action locale des électrodes.

Ions parasites. — L'ionothérapie, contrairement au courant galvanique, permet d'amener sur place un ion délibérément choisi. Il y a toujours déplacement d'ions de nature différente vers chaque électrode ; or la pratique montre que le courant passe avec une électrode neutre imbibée d'eau distillée, qui, en principe, est non conductrice : la cause en est due probablement à la formation d'ions par les impuretés des plaques et des cotons. Ce sont les ions parasites. Il vaut toujours mieux se servir d'eau distillée, pour limiter cette formation favorisée par les sels de l'eau ordinaire. Il ne faut pas perdre de vue que la présence d'ions parasites diffusibles peut masquer et empêcher dans l'organisme l'introduction d'un ion médicamenteux peu diffusible, d'où la nécessité, comme nous le verrons plus loin, d'agir avec des électrodes rigoureusement propres et des solutions extrêmement pures.

M. Bourguignon pour la même raison se résoud à éviter la diélectrolyse dans les deux sens. Il dit en effet : « Du côté de l'électrode mouillée d'eau pure, il entre dans l'organisme des ions de signe contraire à celui qui entre sous l'électrode

imbibée de la solution. Ces ions proviennent des nombreux électrolytes que renferme l'eau ordinaire et varient avec la provenance de l'eau employée.

« Tandis que sous la première électrode ne pénètre qu'un ion, sous la deuxième électrode pénètrent de nombreux ions, leur quantité totale est équivalente à celle de l'ion unique entré sous la première électrode, que nous appellerons active, mais chacun d'eux est en quantité minime.

« L'expérience m'a montré que cette dissymétrie est une condition essentielle pour obtenir l'effet thérapeutique. En effet, si l'on imbibe les deux électrodes de la même solution, d'iodure de potassium par exemple, il pénètre sous l'électrode négative, des ions I, en quantité égale à celle des ions K + qui pénètrent sous l'électrode positive. Ces ions, captés par la circulation, s'y rencontrent et se neutralisent. Au contraire, si d'un côté, il entre de l'iode et de l'autre côté, il entre de nombreux ions, mais chacun en quantité faible par rapport à celle de l'iode, l'ion iode n'est pas neutralisé et entre en réaction avec les ions de l'organisme. C'est là la raison du fait qu'il y a avantage à ne pas faire de diélectrolyses symétriques ; c'est la même raison qui m'a fait échouer dans mes tentatives d'introduction simultanée d'iode et de calcium en mettant sur l'électrode négative une solution d'iodure de potassium et sur l'électrode positive une solution de chlorure de calcium. » (BOURGUIGNON, *Revue d'Actinologie*, mars-avril, 1929.)

Il semble pourtant qu'il faille distinguer là trois choses :

1° On peut désirer faire entrer l'ion iode seul, en combinaison avec les ions de l'organisme. Il faut, dans ce cas, imbiber de KI une seule électrode.

2° On peut rechercher l'action de l'iodure de potassium qui est différente, et réaliser, en imbibant de KI les deux électrodes, l'introduction des deux ions K et I qui donneront au moment de leur rencontre de l'iodure de potassium. On laisse alors la sélection iodée se faire secondairement. Nous ne croyons pas qu'il faille aller si loin dans l'affirmation d'une neutralisation dans l'organisme, qui demeure hypothétique, car nous avons vu les ions s'accumuler ailleurs que dans le système vasculaire. Il ne faut pourtant pas nier l'action générale qui peut se manifester par l'intermédiaire des voies sanguines et lymphatiques.

3° Pour deux médicaments différents, dont l'un est un anion et l'autre un cathion, nous estimons l'opinion de M. Bourguignon prématurée. Nous avons nous-même obtenu des résultats sur des malades par l'association calcium-salicylate, et nous croyons la technique trop récente et le nombre des observations trop restreint pour conclure à sa non-efficacité.

Polarisation. — Un phénomène se produit à la fin d'une séance d'ionisation : la polarisation.

Si après une ionisation, on fait plonger les mains du malade dans deux cuvettes servant d'électrodes, reliées elles-mêmes à un galvanomètre, on observe une déviation de sens contraire à celle qui se produit pendant l'application. On a voulu l'attribuer à un phénomène de *polarisation des tissus*. Mais ne devrait-on pas plutôt la relier à une polarisation des électrodes ?

Il est, à l'heure actuelle, impossible de trancher la question, car il n'existe pas d'électrodes impolarisables, et si

petites, si inattaquables que soient les extrémités des fils plongeant dans la cuve et la reliant au galvanomètre, elles n'en sont pas moins une cause d'erreur.

Si l'hypothèse était exacte, on pourrait ainsi l'expliquer : les ions, positifs ou négatifs, introduits ou mobilisés ont donc tendance à revenir en arrière mais très faiblement sans doute. Ceci peut être comparé aux ondes secondaires de réflexion

Fig. 7

qui se produisent à la surface d'une nappe d'eau, quand on y jette un projectile ; au point de pénétration naît une première série d'ondes concentriques, qui vont en s'aggrandis, sant vers les bords, et produisent dès qu'elles les touchent des ondes réfléchies secondaires de sens inverse. Entre ces deux sortes d'ondes directes et réfléchies se produisent des interférences qui retardent leur progression.

Pour cette raison, on peut se demander si une séance d'ionisation ne devrait pas être suivie d'un renversement du courant pendant un temps très court, pour tenter une fixation

de l'ion thérapeutique. La chose est réalisable sans risquer de détruire les effets de la séance : *lorsqu'un ion a pénétré dans l'organisme électrolytiquement, on ne parvient pas à l'en retirer par la même voie, en renversant le courant.* Ceci est dû probablement, aux modifications physiques ou chimiques que subit l'ion après son introduction.

Une autre conséquence thérapeutique de l'hypothèse précédente est l'utilisation de *l'ionisation rythmée* qui se fait au moyen d'interruptions du courant galvanique, pendant des temps très courts. Ces arrêts paraîtraient suffisants pour dépolariser les tissus et faciliter la marche des ions (?).

### Nature des électrodes. Leurs actions locales.

Comme nous l'avons vu au début de cette étude, le courant détermine des actions secondaires qui, théoriquement dans une cuve de chlorure de sodium, comparable au milieu humain, produit : un dégagement d'oxygène et une formation d'acide chlorhydrique au pôle positif, la libération de l'hydrogène et une formation de soude au pôle négatif. Aux deux pôles sont libérées des substances irritantes qui peuvent avoir sur la peau, des actions particulières (effets tertiaires de Bergognié). Ces actions sur l'organisme varient avec la nature des électrodes :

1° *Les électrodes inattaquables* (or, platine, charbon) ne livrant au courant aucun ion nouveau, réalisent simplement aux deux pôles les phénomènes que nous venons de décrire. Ils sont donc irritants par les substances acides ou basiques libérées et augmentent proportionnellement à l'intensité du courant.

2° *Les électrodes attaquables.* — Tandis qu'au pôle négatif, les bases dégagées n'ont aucune action, au pôle positif, les acides et l'oxygène réagissent sur le métal de l'électrode et forment avec lui de nouvelles combinaisons : c'est un oxychlorure métallique qui se dissout dans les tissus (subissant à son tour les lois de l'électrolyse) et envoie son ion métal au pôle négatif. Pratiquement cet effet secondaire est négligeable ; il ne porte que sur la partie centrale métallique en étain de l'électrode spongieuse.

Les substances (que nous venons de voir) dégagées aux deux pôles sont capables de déterminer au point de contact des actions caustiques intenses. Au pôle négatif, où se dégagent des produits basiques, il y a une mousse assez abondante et une escarrification plus étendue qu'au pôle positif. L'escarre est grise et molle, lente à cicatriser, analogue à celle que produit la soude caustique. Au pôle positif, l'escarre est brune, dure, adhérente, bien limitée, elle guérit vite et ne suppure pas, mais elle risque de se rétracter à la cicatrisation. On peut l'utiliser en thérapeutique pour provoquer des cautérisations dont les effets varieront avec le métal employé (Argent dans les cystites).

## CHAPITRE IV

# ACTION THERAPEUTIQUE DES PRINCIPAUX IONS

L'étude des ions employés en thérapeutique, divisés en anions et cathions, comme nous l'avons vu, existe dans les thèses de Gonzalès Cuijano Sanchez (1902) et de Brucker. Nous en donnerons ici toutefois, mais succinctement, les propriétés.

Trois ions paraissent actuellement le plus au point, et donnent des résultats assez constants, sans dangers pour le malade. Ce sont l'ion Iode, l'ion Salicyle et l'ion Calcium.

L'ion iode. — Il a des propriétés sclérolysantes, analgésiques, régénératrices. C'est un des plus diffusibles et des plus employés sous la forme d'iodure de potassium ou d'iodure de sodium.

a) *Action sclérolysante.* — Mise en valeur par Leduc, c'est une des plus importantes de l'ionisation. L'iode agit sur tous les tissus sclérosés, les cicatrices vicieuses, les chéloïdes, les adhérences, les rétractions musculaires et tendineuses, les ankyloses. Malheureusement, son utilisation en chirurgie dans les adhérences péritonéales n'a pu jusqu'à ce jour donner des résultats aussi nets que sur les autres régions du corps, parce

que le courant qui suit la paroi ne peut aisément être dirigé vers la profondeur du péritoine.

b) *Action analgésique.* — Sur toutes les douleurs superficielles des cicatrices, cette action est remarquable. Elle est nette dans toutes les algies, surtout lorsqu'elles sont de causes purement nerveuses.

c) *Action régénératrice.* — Elle s'exerce surtout sur les tissus nerveux, l'iode ou l'iodure étant le meilleur aliment des nerfs malades. Il est bon d'ajouter qu'en ce qui concerne une névrite accentuée, à l'action régénératrice purement nerveuse, s'ajoute l'action sclérolysante qui assouplit la gangue sclérofibreuse et libère ses adhérences inflammatoires. C'est peut-être par ce processus que l'iode est analgésique, en agissant sur les terminaisons nerveuses sensitives d'une région malade.

Cette action régénératrice s'exerce également sur la peau, soit en rétablissant la fonction d'épidermisation normale d'une cicatrise vicieuse, soit en provoquant sur les plaies atones, les fistules et les adénites suppurées, un bourgeonnement qui active le processus de réparation. Notons en passant que la régénération est encore plus rapide si on a soin d'associer l'ionisation à la diathermie.

Le traitement par l'ion iode s'applique à toutes les lésions périphériques. M. Bourguignon l'utilise même dans les polyomyélites. Les applications faites, dans les *paralysies et névralgies faciales périphériques*, sont presque toujours suivies de succès. Elles nécessitent une technique assez délicate que nous verrons plus loin. En applications de spécialités, MM. Landry et Cantonnet ont mis au point l'ionisation iodée, l'un dans les affections otitiques, l'autre dans les affections oculaires.

Mais il ne faut pas perdre de vue qu'il existe quelques malades intolérants à l'iode.

L'ION SALICYLE. — C'est l'un des ions antalgiques les plus actifs, avec lequel on obtient la sédation des arthralgies de toute nature (traumatiques, inflammatoires) des périarthrites et des névralgies sous toutes leurs formes. Il trouve encore de nombreuses applications en gynécologie et en urologie. L'ion salicyle est plus diffusible encore que l'ion iode, comme l'ont montré les expériences de MM. BERGOGNIÉ et ROQUES. Mais cette diffusibilité fait que son élimination est rapide et qu'il ne s'accumule pas dans l'organisme. Parfaitement toléré par la peau, il ne détermine que quelques picotements au moment de son application et une desquamation insignifiante après 15 jours d'applications. Il s'emploie sous forme de salicylate de soude ou de salicylate de lithine.

ZIMMERN a fait des recherches intéressantes sur l'emploi de l'ion Salicyle simultanément à celui du Lithium d'action thérapeutique analogue. Il est logique d'en tenter l'application, puisque l'opération est facilitée par la coexistence des deux ions à l'état de Salicylate de lithine, l'un étant un cathion, l'autre un anion, décomposables en même temps. Il faudra utiliser dans ce cas, deux électrodes imbibées toutes deux de la même solution.

L'ION CALCIUM. — L'ion Calcium, utilisé sous forme de chlorure de Calcium à 1 ou 3 %, a une action sclérolysante marquée, mais on l'utilise surtout dans certains cas de dégénérescence neuro-musculaire ou de lésions des noyaux centraux. On l'emploie à cause de son affinité pour la cellule

nerveuse centrale et de son efficacité sur les contractures, mises en évidence par les travaux de M. Bourguignon. Il doit servir comme *régénérateur et calmant.* On observe seulement parfois, une légère irritation au niveau du point d'introduction. Il est nettement indiqué dans les lésions médullaires, pyramidales, encéphaliques, et dans tous les syndromes d'irritation qui provoquent des phénomènes douloureux intenses et des contractures.

L'ion chlore. — L'ion chlore apparaît ensuite, comme un sclérolysant assez important, déjà utilisé par Leduc, mais peu employé aujourd'hui en raison peut-être de son action légèrement irritante. Il rend surtout des services dans les cicatrices vicieuses : nous lui préférons l'iode. Leduc l'emploie pour les symphyses pleurales. (Il place sur le thorax du côté malade une grande compresse d'eau chlorurée sodique chaude. L'autre électrode est constituée par un bain de pieds. Les séances sont longues à raison d'une heure, deux fois par semaine, pendant un mois ; ensuite tous les quinze jours. Peu à peu, les mouvements respiratoires augmentent, l'obscurité radioscopique diminue, l'état général s'améliore et si le traitement est institué assez tôt, on évite la scoliose.)

L'ion zinc.— Celui-ci est réservé plus particulièrement aux applications chirurgicales sous forme de solution de chlorure de zinc à 1 ou 2 %. Il est caractérisé par son action *coagulante, hémostatique* et *antiseptique.* Son emploi est fréquent dans les ulcérations des tissus muqueux, les fistules de toutes natures, les affections gynécologiques. Il ne présente pas de dangers car il ne diffuse pas et s'apparente par là aux ions anesthé

siques. Son introduction soigneusement faite, ferme les petits vaisseaux ouverts et désinfecte les muqueuses ou les plaies.

L'ion magnésium. — Son action sur les néoformations a été utilisée, en particulier sur les verrues. Il semble devoir prendre une place plus importante, depuis les essais de MM. Zimmern et Wickam sur les phénomènes douloureux des formations néoplasiques. Il est possible, en outre, de l'introduire dans l'organisme pour obtenir les effets généraux des sels magnésiens étudiés depuis quelques années (Cf. plus loin).

L'ion radium. — Il a été utilisé sous forme de Bromure de Radium dans les névralgies brachiales, sciatiques, faciales. Les atomes de Radium apparaissent ainsi comme autant de foyers radioactifs continus. Mais l'emploi en est limité, d'abord par l'application qui est irritante, ensuite par les frais que comporterait un tel traitement alors qu'on peut utiliser une autre substance.

### Les ions anesthésiques.

Cocaïne, Carbaïne. — Ils réalisent une sédation passagère de la douleur, mais ne sont pas spécifiques des maladies dans lesquelles on les applique. Leur emploi, précieux dans certaines névralgies, pour obtenir un soulagement passager, est limité par leur toxicité. La carbaïne essayée l'an dernier par M. Zimmern, donne une anesthésie suffisante pour de petites interventions limitées au derme.

Deux ions d'inégale valeur thérapeutique et opposés par leur toxicité sont utilisés :

L'ION QUININE. — Peu employé en France, prôné en Angleterre, pcur les névralgies faciales et le tic douloureux.

L'ION ACONITINE. — Il a été employé tout au début par BARRÉ, LAVIGNE, DELHERM, JUSTER et LEHMANN, exclusivement pour la névralgie du trijumeau. DUHEM a ensuite étendu son application aux autres névralgies. Il fait remarquer qu'une dilution de 1 pour 3.000 ne donne qu'une hypoesthésie, mais les résultats obtenus avec une concentration de 1 pour 4.000 sont pourtant réels ; c'est la concentration qu'on doit employer, car à des taux plus élevés, il est trop dangereux. On observe même des accidents avec des solutions très étendues. Cette toxicité semble liée à la dénudation et à l'exfoliation que l'ion aconitine produit sur l'épiderme et qui favorisent ensuite une absorption massive de la solution employée. Il faut, pour cette raison, veiller à ce que les malades ne présentent aucune altération cardiaque et on doit éviter de l'appliquer sur les muqueuses, où l'absorption est très forte. Nous n'hésitons pas à dire que les résultats dus aux ions calcium et salicyle dans une application bien faite, exactement sur les trajets nerveux, ne justifient pas l'emploi systématique de l'ion aconitine. Il faut le réserver aux algies absolument rebelles à tous les autres traitements.

Nous rapportons ici une observation intéressante qui vient infirmer cette opinion car il s'agissait d'un adulte vigoureux et parfaitement normal.

OBS. I. — M. B... Névralgie du Trijumeau. Forme très aiguë datant de quelques jours. Le malade a déjà eu une atteinte il y a dix ans. Il nous est envoyé par son médecin traitant qui demande d'une façon formelle 6 séances d'ionisation à l'aconitine. Nous commençons

par une séance de diathermie pour préparer l'ionisation. Grosse recrudescence des douleurs le soir même et le lendemain matin ; mais le malade passe une nuit calme. Le lendemain 1re séance avec une solution d'aconitine à 1 pour 5000.

15 milliampères pendant 30 minutes. Pendant la séance le malade est calme et ne ressent que quelques fourmillements. Il a après la sensation d'anesthésie caractéristique. Le soir à huit heures il ne souffre plus du tout. Le lendemain 2e application ; la solution est étendue à 1 pour 6000 car la peau semble très légèrement irritée.

Le surlendemain après une séance mal supportée car le malade ressent des contractions et des brûlures, nous arrêtons le courant au bout de 25 minutes. Presqu'aussitôt un malaise se produit avec cœur défaillant et arythmique. Avec une médication sous-cutanée intensive nous arrivons à maintenir le malade dans un état lypothimique, lui laissant néanmoins la faculté d'analyser ses sensations. Il a de troubles de la sensibilité sur toute la moitié du visage, et de la paresthésie du membre supérieur, de l'épaule et du cou. Anesthésie complète de la place de l'électrode avec sudation abondante à ce niveau. Ce n'est qu'après plusieurs injections d'huile camphrée et de caféine que nous parvenons à rendre le pouls normal et régulier. Le malade est resté 3 heures dans notre cabinet et a pu repartir facilement au bout de ce temps. Quatre mois après le malade nous apprend qu'il n'a plus jamais souffert (Obs. de M. le Dr P. Rousseau).

L'ion lithium. — Spécifique de la goutte, employé sous forme d'une solution lithinée à 2 % tend à être de plus en plus utilisé. (Salicylate ou chlorure de lithine.)

L'ion argent. — Réservé aux affections blennorragiques sous forme d'acétate, ou avec des électrodes d'argent.

L'ion thallium. — Utilisé dans les épilations est difficile à manier ; on a vu après des applications très localisées des actions à distance qui n'étaient pas dénuées d'importance ; c'est ainsi qu'une malade a été complètement décalvée après une ionisation au thallium.

Il reste quelques ions dont les propriétés particulières ne sont pas encore nettement définies ; on ne connaît que les actions générales qu'ils produisent, communes à tous.

Ce sont les ions : LACTIQUE, BROME, ARSÉNIEUX, CHROME, HYPOSULFITE, CUIVRE et MERCURE.

Il est probable que l'expérience amènera plus tard leur utilisation avec des indications aussi précises que celles de l'ion iode, calcium ou salicyle.

*TROISIÈME PARTIE*

# LA PRATIQUE DE L'IONISATION

---

## CHAPITRE PREMIER

## APPAREILLAGE ET SOLUTIONS

Titrage des solutions. — Les solutions employées sont de dilutions différentes. Dans ce chapitre nous les énumérerons rapidement en les classant d'après le pôle auquel on doit les relier.

Solutions à mettre au pôle négatif :

*Iodure de potassium ou de sodium.* Dilution de 1 à 3 %.
*Salicylate de soude.* Solution à 3 ou 4 % également.
*Salicylate de lithine.* Mis au pôle négatif il agit par le radical salicyle 1 à 3 %.
*Chlorure de sodium.* La dilution est ici plus forte. 4 à 5 %. Il est pourtant préférable de rester au-dessous car l'ion Cl est irritant.

Solutions à mettre au pôle positif :

*Chlorure de calcium.* Dilution de 1 à 3 %. C'est l'ion calcium qui agit ici.
*Sulfate de zinc*, dilution de 0,50 à 2 %.
*Chlorure de magnésium.*
*Sulfate de magnésium.* Dilution de 1 à 3 %. Peut être de 10 à 20 % dans les affections néoplasiques.

*Salicylate de lithium*

*Chlorure de lithium.* } C'est le lithium qui agit lorsque la solution est utilisée au pôle positif. La dilution est la même. On ajoute de la lithine caustique au chlorure pour renforcer son action.

*Azotate d'aconitine.* Solution très diluée à 1 p. 10.000.

*Acétate de thallium.* Dilution de 0,50 à 1 % à employer prudemment.

Appareillage. — Nous décrirons sommairement les sources de courant employées. Elles sont décrites dans tous les traités d'électricité.

*Les Piles.* — Ce sont les générateurs les plus parfaits par leur régularité et leur constance. On utilise deux sortes de batteries (ou réunion de piles), les unes fixes, les autres transportables.

*Batteries Fixes.* — Ce sont des piles au chlorure de Zinc et Bioxyde de Manganèse, soit des piles Féry, qui ont l'avantage de ne se polariser que très lentement. Ces piles sont assez encombrantes et ne s'utilisent que dans les cabinets médicaux car, pour des séances longues et fréquentes, elles doivent réunir au moins 50 éléments.

*Batteries mobiles et transportables de* Zimmern. — Elles sont constituées par des boîtes de 8-16-24-36 éléments. Ce sont généralement des piles au bisulfate de mercure. Elles peuvent servir à de nombreuses applications, soit dans le cabinet du médecin, soit au domicile du malade, sans cependant fournir un courant très fort.

Le montage des piles constituant une batterie médicale se fait de la façon suivante : Le pôle positif (charbon) de la première est réuni au pôle négatif (zinc) de la seconde et ainsi de suite.

C'est le montage dit en série ou en tension. Au pôle libre de

la première (—) et de la dernière ( + ) se trouve une borne à laquelle on adapte le circuit d'utilisation. C'est sur ce circuit que l'on branche, d'une part un milli-ampèremètre pour mesurer l'intensité du courant et, d'autre part, un Rhéostat destiné à augmenter ou à diminuer graduellement ce courant en modifiant la résistance du circuit.

*Rhéostat.* — Les modèles les plus courants de rhéostats sont constitués par un nombre important de tours de spires en fil métallique très fin enroulé autour d'un corps isolant et protégé par un vernis également isolant, (sauf à l'endroit où un curseur métallique réuni à un pôle vient glisser sur les spires pour établir le contact (1). Plus le curseur se déplace, plus l'intensité est grande. Quand il est à bout de course, le circuit fonctionne sans résistance. Mais cet appareil présente un inconvénient quand le voltage des piles est trop élevé, c'est que, dès les premiers tours de spires, il passe une quantité de courant assez forte pour donner au malade une secousse. Aussi remplace-t-on souvent cet appareil par un autre dispositif appelé : réducteur de potentiel, qui est un rhéostat monté sur une dérivation du courant et dont on comprendra l'utilisation pour la raison suivante. Pour augmenter le courant dans les batteries mobiles, on se sert d'une manette réunie à un curseur métallique qui se déplace sur des plots. Il y a autant de plots que d'éléments de piles (le plot I correspond à une pile, le plot 2 à deux piles, etc...) (...au dernier toutes les piles fonctionnent). Mais, en passant de l'un à l'autre, le curseur met en jeu la totalité de la force de la pile correspondante qui s'ajoute aux précédentes et le malade ressent une

1. On fabrique aussi des rhéostats en graphite.

secousse. La progression de l'intensité, ralentie par réducteur de potentiel, évite ces phénomènes désagréables. Malheureusement ce perfectionnement existe rarement dans les batteries du commerce. Il est pourtant facilement réalisable et peu coûteux. Son emploi serait d'autant plus nécessaire que l'on fait souvent des applications délicates dans lesquelles le courant doit augmenter avec une grande douceur (ionisations de la face, des yeux, des oreilles, etc...).

II. *Les Dynamos.* — Ce sont des appareils qui transforment le courant du secteur pour le rendre utilisable. L'usage médical de la dynamo a été condamné par de nombreux praticiens qui l'ont jugée dangereuse et de débit irrégulier. Mais, depuis quelques années, les constructeurs ont supprimé ces inconvénients par l'adjonction de filtres (self ou condensateurs) qui permettent de recueillir un courant galvanique pur et inoffensif.

La graduation de l'intensité se fait aussi avec un réducteur de potentiel.

Nous avons utilisé nous-même les dynamos, et les résultats thérapeutiques qu'elles donnent ne diffèrent pas de ceux qu'on obtient avec les piles.

III. *Les transformateurs.* — On utilise depuis quelques mois des appareils construits spécialement pour redresser le courant alternatif des secteurs urbains et fractionner l'onde sinusoïdale jusqu'à la rendre horizontale. Ce sont des combinaisons de lampes à trois électrodes et de condensateurs. Le dispositif de Walter réalise ces conditions et donne un courant continu régulier et toujours de même sens, analogue à celui des piles. Il produit également un courant galvanique interrompu pendant une fraction de seconde par l'interposi-

tion d'un interrupteur périodique que l'on peut utiliser pour faire de l'Ionisation Rythmée.

Il ne faut pas confondre ces redresseurs avec les Transformateurs branchés sur les secteurs qui n'offrent aucune sécurité et doivent absolument être rejetés de la pratique.

IV. *Les Accumulateurs.* — Il faut, autant que possible, les exclure de toute utilisation médicale à cause de la brusquerie de leur décharge. Le phénomène peut survenir dans un traitement d'algie et provoquer des paroxysmes douloureux et devenir un danger véritable pour le malade. Mais il est vrai que leur emploi est autorisé lorsqu'ils sont munis d'un réducteur de potentiel.

Intensité. Appareils de mesure. — L'intensité du courant est mesurée par un galvanomètre à courant continu, apériodique, branché sur le circuit, divisé en 100 parties d'un millimètre, graduées de dix en dix. Il importe de mesurer des quantités très faibles et des quantités très fortes. Ceci est rendu possible par le *shunt*, qui est une dérivation sur la bobine du galvanomètre. La quantité de courant qui passe dans les hunt est très réduite et proportionnelle à sa résistance.

Il existe trois shunts employés en pratique médicale :

1° Le shunt au 1/10 où il ne passe dans le galvanomètre que le dixième du courant ;

les 100 divisions du cadran mesurent 10 milli-ampères,
une grande division mesure 1 milli-ampère,
une petite division mesure 1/10 de milli-ampère.

II. Le shunt au 1/100.

les 100 divisions mesurent 100 milli-ampères,
une grande division mesure 10 milli-ampères,
une petite division mesure 1 milli-ampère.

III. Le shunt au 1/250.

les 100 divisions mesurent 250 milli-ampères,
une grande division mesure 25 milli-ampères,
une petite division mesure 1/25 de milli-ampère.

On a recours à l'un de ces trois shunts selon l'intensité de courant à utiliser. Ils sont généralement réunis sur un milli-ampéremètre.

Les appareils actuels, batteries de piles, moteurs, transformateurs sont construits de façon à permettre de changer le sens du courant sans avoir à bouger les électrodes. On utilise le renverseur de courant qui est une manette : la clef de Courtade, qui sert aussi à l'électro-diagnostic.

Les Electrodes. — Il est pratiquement difficile d'avoir des électrodes parfaites. Il n'en existe pas. Celles qui sont vendues dans le commerce, faites en tissus spongieux, hydrophiles, recouvrant une plaque métallique, s'altèrent car elles sont rapidement sales et prennent une odeur désagréable ; il est impossible de les débarrasser, même par un lavage soigneux, des produits qu'elles renferment et de les faire sécher complètement entre chaque séance. Les électrodes en peau de chamois sont encore moins recommandables, elles deviennent en séchant mauvaises conductrices, dures et le contact avec la peau n'est plus parfait. Nous leur préférons, de beaucoup, l'emploi du coton selon les données de Leduc.

Les bandes de coton hydrophile, en plusieurs épaisseurs, recouvertes d'une ou de deux couches de gaze, pour uniformiser la surface, constituent des tampons humides qui se moulent parfaitement sur les régions qu'on veut traiter. Le seul inconvénient est celui d'un prix de revient un peu élevé ; mais les résultats obtenus, différents de ceux qu'on obtient avec les autres électrodes doivent faire opter pour leur emploi. Le contact est donné par une plaque d'étain arrondie aux angles, appliquée sur elles, bien isolée de la peau par le tissu hydrophile et reliée à des fils conducteurs souples et isolés.

CHAPITRE II

## CHOIX DU TRAITEMENT ET MODES D'APPLICATION

Les indications de l'ionisation deviennent de plus en plus précises, mais elles ne sont pas encore très répandues dans le public médical. Dans le domaine de la pathologie, en général, elle n'est applicable qu'à un nombre limité de cas, mais les résultats obtenus sont tellement probants que cette méthode mérite d'être mieux connue. Très souvent les malades viennent au spécialiste avec une indication thérapeutique vague et c'est à l'électrothérapeute de discerner quelle sera la méthode qu'il devra employer pour un cas déterminé.
Le diagnostic doit être confirmé autant que possible par les moyens les plus perfectionnés (Electro-diagnostic, radiographie).

Choix du traitement. — Nous avons vu, en étudiant les solutions combien les indications de chaque médicament sont précises. Il faut en tenir le plus grand compte pour la conduite du traitement. Cependant, en cas d'insuccès d'un électrolyte, il faut en tenter un autre avant d'abandonner l'ionisation. L'interrogatoire du malade sur ses intolérances médicamenteuses est indispensable, quand il s'agit de traitement à l'iodure pour éviter les accidents locaux ou géné-

raux. De même lorsqu'il y a lieu de recourir à un alcaloïde ou à une substance toxique (aconitine, cocaïne, thallium), l'examen du cœur s'impose.

La séance. — Les séances sont longues ; il faut avant tout que le malade soit bien installé, car ses mouvements peuvent déplacer les électrodes et provoquer une brûlure. On imbibe ensuite les électrodes : l'une avec de l'eau distillée, c'est l'électrode indifférente ou inactive, l'autre avec la solution active. Il vaut mieux employer des solutions tièdes, mais ce n'est pas indispensable. Il est plus commode de conserver plusieurs flacons de solutions-mères très pures qu'on étend d'eau distillée au moment de leur emploi, ou d'utiliser les « Ionodoses » de M. Zimmern. Il faut essorer soigneusement les électrodes afin d'éviter qu'elles n'inondent le linge du malade, ce qui risquerait, l'hiver surtout, de le refroidir.

Précautions a prendre pour une application d'ionisation. — L'introduction électrolytique des ions exige des précautions aussi minutieuses que l'asepsie. Pour éviter la formation d'ions parasites qui peuvent léser un épiderme sensible et gêner la pénétration des ions médicamenteux et réduire leur action thérapeutique, il faut donc :

1° Préparer les solutions avec des produits parfaits, de l'eau récemment distillée et des sels chimiquement purs. ;

2° Nettoyer soigneusement la peau du malade à l'eau savonneuse ou à l'éther pour déboucher les orifices glandulaires et rendre la surface plus conductrice. Si l'épiderme présente une écorchure, un bouton, une plaie quelconque,

il peut s'y produire une condensation du courant. On doit donc l'isoler en la recouvrant de leucoplaste, de gutta-percha, de collodion ou de papier huilé. On met, en général, les électrodes parallèlement l'une à l'autre, le plus près possible de la région à traiter, afin que les lignes de force traversent perpendiculairement la région malade. On peut, tout en gardant la polarité nécessaire, mettre l'électrode active le plus près possible de la lésion ou inversement. Dans le premier cas les ions traversent la région malade ; dans le second, ils ont tendance à venir s'accumuler sous l'électrode neutre.

La fixation des électrodes se fait avec des sacs de sable ou avec des lacs caoutchoutés qu'il ne faut pas serrer, l'anesthésie locale qui se produirait dans le cas inverse enlèverait au malade la faculté d'observer ses sensations. Les électrodes, avec leur plaque métallique souple, doivent être moulées sur la partie malade afin d'assurer un contact parfait.

Mise en marche de l'appareil. — Nous avons insisté sur le rhéostat et le réducteur de potentiel dans le chapitre consacré à l'appareillage. Il faut faire passer le courant lentement et progressivement, en expliquant au malade ce qu'il doit ressentir. Il faut utiliser, au début, une intensité moyenne puis attendre, car la résistance diminuant, l'intensité augmente d'elle-même. On arrive dans les cinq ou six premières minutes, à obtenir la dose maxima tolérée par le malade. Un petit procédé pratique consiste à dépasser la dose nécessaire, ce qui produit une sensation désagréable qui disparaît immédiatement si on diminue l'intensité de quelques fractions de division au galvanomètre. On peut ainsi augmenter plus facilement la dose. Il faut fréquemment

surveiller le milli-ampèremètre pour ramener le courant à un débit constant, car, vers le milieu de la séance, la résistance du malade diminue et l'aiguille baisse.

INTENSITÉ, DURÉE, NOMBRE DES SÉANCES. — L'intensité, fonction de la dimension des électrodes, est variable suivant les cas. Tous les traités donnent, pour chaque affection, une intensité déterminée. Nous croyons plus pratique de dire que le maximum tolérable par le malade et l'habitude du praticien permettent de l'évaluer. Les doses que nous indiquons seront sujettes à variabilités. Lorsque, pour une raison quelconque, on ne peut pas atteindre une intensité classique, c'est en prolongeant la séance qu'on permet aux ions de pénétrer en quantité plus grande. Mais il faut tenir compte des cas (lésions nerveuses par exemple) où le malade a une perte de sensibilité. C'est alors en surveillant constamment l'épiderme qu'on évite les accidents. (Pour les applications très délicates : suppurations chroniques de l'oreille, lésions oculaires, et de toutes les muqueuses, nous ne saurions trop recommander de n'employer que des piles et, en particulier, les batteries transportables avec réducteur de potentiel).

*Pour qu'une séance agisse, il faut un minimum de vingt minutes.* La première, à titre d'essai peut être exceptionnellement de quinze minutes, mais il faut atteindre rapidement trente ou quarante dès la troisième application et s'y tenir. Ces chiffres ne doivent pas être modifiés car la résistance des tissus (l'épiderme surtout), n'est vaincue qu'après plusieurs instants. Il n'y a pas toujours intérêt à rapprocher les séances car, dans les affections douloureuses principalement, les premières applications déterminent des réactions inflamma-

toires utiles. Il ne faut pas non plus provoquer d'irritation, de fatigue ou même d'intolérance par des applications trop fréquentes. Les séances auront lieu, en général, tous les deux jours. Dans les cas moyens, il en faut huit à dix et dans les affections plus rebelles, vingt à trente pour obtenir un résultat durable. Mais ce chiffre est sujet à de grandes variations. La moyenne des séances pour les guérisons obtenues dans les 30 observations citées dans cet ouvrage est de 12. Nous citons, en effet, deux observations dont l'une est une névralgie sous-occipitale de neuf ans guérie en neuf séances, et l'autre, par contre, est une névralgie brachiale de trois mois où il a fallu vingt-et-une séances pour avoir une guérison définitive. (Voir obs. 13... Obs. 12...).

Dans de nombreux cas sévères il est bon de procéder à une première série et après un repos de vingt-et-un à trente jours, d'en faire d'autres plus courtes (de huit à dix séances pour chacune). On doit prévenir le malade qu'il peut avoir, dans les trois ou quatre premières séances, une exagération des phénomènes douloureux, véritable réactivation. Quant à l'opportunité d'une modification dans l'électrolyte nous conseillons d'attendre au moins la cinquième application.

## La diathermo-ionisation

La pratique journalière de l'électrothérapie montre que, très fréquemment, les malades bénéficient des traitements associés ou combinés et c'est là une donnée récente qui offre un grand intérêt. Les inflammations pelviennes subaiguës de la femme nécessitant des applications de diathermie guérissent plus vite par l'adjonction de bains généraux d'ul-

tra-violets ; de nombreuses algies inflammatoires bénéficient d'un traitement alterné de diathermie et d'infrarouges. Nous signalerons plus loin, plusieurs cas où l'ionisation alternée avec la diathermie a donné des résultats incomparablement supérieurs à l'un ou l'autre de ces traitements isolés (arthrites, cicatrices, etc...).

Cette association peut se faire de deux manières : soit en alternant les séances, (un jour diathermie, un jour ionisation), soit, dans le cours d'une même séance, en débutant par la diathermie. Cette méthode est employée par quelques auteurs (Vignal) dans le traitement des sciatiques. Les électrodes d'ionisation servent d'électrodes de diathermie : il suffit de changer l'appareil au milieu du traitement.

Nous avons pensé que l'on pouvait combiner simultanément ces deux modes d'application et que les résultats obtenus pouvaient être encore supérieurs. L'observation que nous rapportons le montre. Nous continuons nos recherches dans ce sens. C'est cette méthode que nous appellerons : LA DIATHERMO-IONISATION.

LEDUC et tous les médecins qui utilisent l'ionothérapie se servent d'électrodes imbibées de solutions tièdes, et l'étude du PH des électrolytes nous enseigne qu'ils sont ionisés bien davantage lorsque leur température s'élève. Les réactions chimiques montrent aussi, presque toujours, que les affinités d'un corps pour un autre augmentent lorsqu'on élève leur température. Il est donc normal de supposer que l'action ionique sur les tissus et les combinaisons qui se produisent, peuvent être influencées par une modification thermique des régions traitées. La diathermie permet de réaliser ces con-

ditions, voilà pourquoi nous avons songé à l'associer au traitement ionothérapique.

L'observation suivante semble apporter une confirmation de cette hypothèse.

Obs. II. — Mme L... La malade se présente à nous avec une névralgie sciatique qui dure depuis quatre ans, survenue brusquement après une légère infection grippale. Les douleurs sont continuelles, augmentées par la station debout, et irradiées le long du membre inférieur gauche. Elles provoquent une claudication assez marquée.

A l'examen on note des points douloureux sur tout le trajet du nerf sciatique avec le point péronier. Il semble qu'on soit en présence d'une névrite de tout le tronc sciatique, d'origine rhumatismale. La radiographie de la colonne lombo-sacrée ne montre aucune altération.

La malade a déjà été traitée sans succès les années précédentes par la diathermie. Nous en tentons néanmoins une nouvelle application qui provoque dès la première séance une recrudescence des douleurs. Le surlendemain nous faisons un traitement associé de diathermie et d'ionisation iodurée pendant la même séance et ceci tous les deux jours en alternant iode et salicylate. Le traitement fut interrompu au début pendant huit jours après les trois premières séances. La claudication dès ce moment avait cessé et la douleur ne subsistait plus qu'à la marche. Quatre séances furent encore pratiquées et obtinrent une guérison radicale qui nous a été confirmée deux mois après. Sept séances de diathermo-ionisation avaient suffi.

Nous ne citons ici qu'une observation ; plusieurs traitements de ce genre sont en cours et les résultats nous permettent de conseiller cette méthode.

Le résultat obtenu dans le cas que nous citons ne doit pas être attribué à la diathermie, car les premières séances (diathermie seule) avaient provoqué, comme dans bien des cas, une recrudescence des douleurs, après avoir antérieurement été essayée sans succès. Nous avons été d'ailleurs fréquemment obligés de recourir à l'ionisation pour atténuer les

réactions douloureuses à la diathermie. Il y a donc, dans cette méthode, des effets sédatifs plus actifs qui méritent de retenir l'attention. Aucune contre-indication ne s'oppose à cette tentative et si M. Bourguignon conseille de ne « pas agir simultanément de diverses manières sous peine de fatiguer le malade », nous estimons que la fatigue résultant d'une diathermie sur un segment de membre n'est pas grande et que les doses employées ne sont pas intenses. Rien ne s'oppose d'ailleurs, chez les malades déprimés, à ce que la diathermie ne soit commencée que dans la deuxième partie de la séance d'ionisation. On sait que, dans la première partie, il existe toujours une période préparatoire de dix minutes environ. (Mais il est vraisemblable que si les deux traitements sont simultanés, cette période « morte » est écourtée).

### Technique de la diathermo-ionisation.

1° Il faut toujours placer les électrodes diathermiques de façon à obtenir un champ électrique plus étendu que celui des électrodes ionisantes ;

2° Il faut faire en sorte que les lignes de force du courant galvanique soient perpendiculaires à la direction des ondes à haute fréquence, sans omettre de conserver aux plaques de diathermie le parallélisme qui évitera les brûlures ;

3° Pour éviter les incidents et les déperditions de courant, il est indispensable que chacune des deux applications soit installée isolément sur le malade, autrement dit, il ne faudra pas mettre les quatre électrodes ensemble, sous un même bandage, mais installer d'abord les électrodes diathermiques, puis l'ionisation.

4° Si, d'après le choix du point d'application de la diathermie, il est difficile d'obtenir avec les électrodes métalliques un contact rigoureux, on peut se servir d'électrodes spongieuses semblables à celles de l'ionisation et les imbiber d'eau tiède. Il faut, dans ce cas, les essorer avec soin pour éviter les contacts sur la peau humide, entre les quatre électrodes du traitement.

## CHAPITRE III

# INDICATIONS DE L'IONISATION

Les affections susceptibles d'être traitées par l'ionisation sont assez nombreuses. Dans les unes les résultats sont absolument remarquables, dans les autres au contraire, ils sont plus inconstants. Aussi les étudierons-nous successivement en insistant sur les indications principales et nous citerons pour exemple des observations de malades choisies parmi les cas les plus typiques. Ce nouvel agent thérapeutique est susceptible de rendre de nombreux services en médecine, en chirurgie, et dans quelques spécialités : (urologie, laryngologie, ophtalmologie). Ses remarquables effets sédatifs en font avant tout, un moyen de combattre les algies de toutes natures qui méritent une étude particulière car, en pratique journalière, c'est dans leur cas que l'ionisaton rend le plus grand nombre de services.

## Les Algies.

De nombreux et récents travaux (1) ont apporté au syndrome « Algie » des modifications fort importantes au point de vue pathogénique. On reconnaissait autrefois aux douleurs en général, des origines nerveuses ou articulaires (excep-

1. *Presse Médicale*, 24 sept. 1930.

tion faite du traumatisme) sans attacher une grande importance aux muscles eux-mêmes. Il était classique de diviser les « algies » se produisant sur un territoire nerveux, en névralgies et en névrites, les premières étant considérées comme de simples réactions des nerfs sans lésions anatomo-pathologiques, les secondes comme de véritables inflammations du nerf ou de ses enveloppes. Puis de nombreux auteurs, (Sicard, Forestier, Secrétan, Kahlmester, Krebs, etc...) ont attribué la grosse majorité des douleurs nerveuses à de petites affections des vertèbres, rhumatismes, (neurodocites) malformations, déplacements traumatiques..., créant une altération du nerf ou de ses gaines vasculaires et fibreuses au niveau de son passage osseux dans les trous de conjugaison. Cette pathogénie était connue et empiriquement utilisée par quelques médecins appelés Ostéopathes, dont les théories ne sont pas dénuées de logique.

Les travaux récents de Schade, Meyerhoff, Secrétan, Verger, Rouillard et surtout Lindstedt semblent vouloir modifier la pathogénie des algies en attribuant une valeur prépondérante à la douleur strictement musculaire, sans toutefois nier, pour d'autres cas moins nombreux, les algies purement nerveuses.

Cette théorie repose sur l'étude des phénomènes produits par la simple fatigue musculaire qui détermine une douleur vive, spontanée, et provoquée par la pression ou le pincement des muscles et surtout par son extension : douleur appelée crampe ou courbature. Elle serait due à des phénomènes chimiques bien étudiés par Meyerhof qui ne sont autre qu'une hyperproduction localisée d'acide lactique. Schade a montré, en effet, que l'acidité ionique intervient

dans l'inflammation musculaire et la douleur, alors que l'alcalinité est sans effet.

Ceci explique pourquoi, dans les cas bénins, le massage ou une simple application de diathermie — favorisant la circulation profonde et faisant en quelque sorte passer l'excès d'acide dans la circulation générale — guérissent rapidement ces douleurs.

Si la cause du traumatisme ou de la fatigue musculaire continue, le muscle souffre, il s'enflamme, l'inflammation gagne les gaînes et les nerfs et provoque ainsi une altération nerveuse secondaire pouvant aller jusqu'à l'atrophie. Les toxines chimiques (plomb) ou microbiennes (diphtérie, fièvre thyphoïde), les protéines même (arthralgies et myalgies sériques), l'infection rhumatismale aiguë ou chronique, peuvent produire les mêmes effets.

Or, toute lésion ostéoarticulaire modifiant l'équilibre d'un membre ou la statique du corps entraîne nécessairement un travail musculaire de redressement des muscles antagonistes, travail permanent de compensation qui crée un véritable état de contracture anormal, fatiguant et épuisant le muscle. Ainsi s'expliqueraient de nombreuses douleurs sciatiques par altération osseuse du bassin, du rachis ou du genou, nombreuses douleurs cervico-brachiales par lésions des vertèbres (subluxations), nombreuses névralgies intercostales, abdominales ou crurales par spina bifida, scoliose, cyphose, sacralisations, lombalisations. C'est ce qui ressort des statistiques impressionnantes de LINDSTEDT qui, sur 485 cas de syndromes douloureux, a trouvé 364 cas de lésions ostéoarticulaires diverses, 40 cas de varices et 52 cas de lésions nerveuses centrales avec suppression des réflexes

achilléens et troubles d'équilibre. O'Klein, Enochson, Hellweg ont fait des statistiques aussi concluantes.

Quel que soit l'avenir de ces hypothèses toutes nouvelles, il nous a paru intéressant de les mentionner, car elles peuvent faire comprendre l'action sédative de l'ionisation, et ont au moins l'avantage de mettre en garde le praticien contre les erreurs de diagnostic et l'inciter à se servir, chaque fois qu'il sera possible, de la radiographie avant d'instituer un traitement. Mais il ne faut pas perdre de vue que la difficulté de pratiquer une radio de profil de la colonne vertébrale, peut être une cause d'erreur.

Il faut en conclure qu'il existe, outre les douleurs névralgiques sans cause appréciable, de véritables névrites par irritation des racines, mais qu'une grande partie des douleurs qui seront traitables par l'ionisation sont des myalgies avec ou sans névrite secondaire. D'ailleurs la théorie des myalgies expliquerait pourquoi, dans la pratique, il était si difficile, jusqu'à ces dernières années, de discerner si une algie cervico-brachiale par exemple, était la conséquence d'une arthrite, d'une périarthrite ou d'une névrite.

Etant donnés les beaux résultats obtenus par l'ionisation sur toutes les algies, comment expliquer son action, si l'on admet leur origine musculaire? Il est vraisemblable que la sédation de la douleur est obtenue en premier par la diminution du spasme et de la contracture sous l'influence du courant galvanique. Puis l'hydratation des tissus et des dépôts acides sous l'influence de la cataphorèse, l'élimination progressive de ces produits irritants sous l'influence de la poussée congestive provoquée par le courant et enfin la fixation des éléments acides pathologiques sur les ions alca-

lins en circulation ajoutent leur action, bienfaisante sur les algies.

Quelles algies doit-on traiter par l'ionisation ? En présence d'un phénomène douloureux quelconque à traiter par l'électricité, le praticien devra savoir choisir parmi les moyens dont il dispose, celui qui lui semblera le plus approprié au cas qui se présente, afin d'agir le plus rapidement possible.

Toutes les affections douloureuses du système neuro-musculaire ou des articulations ne sont pas justiciables de prime abord de l'ionothérapie. Les douleurs intercostales, relativement superficielles, par exemple, peuvent guérir en trois ou quatre applications d'infra-rouges ; certaines affections articulaires subaiguës, surtout celles qui sont d'origine traumatiques, seront rapidement améliorées par la diathermie ; d'autres algies profondes, d'origine purement nerveuse, les radiculites, les névrites aiguës, les troubles de compression nerveuse, si elles sont apparues brusquement seront plus rapidement améliorées ou guéries par la radiothérapie. Il nous reste donc pour l'ionothérapie, toutes les algies, de cause connue ou inconnue, rebelles aux moyens médicaux. Parmi les plus fréquentes nous citerons, outre les affections articulaires rhumatismales ou pseudo-rhumatismales, en premier lieu les sciatiques, les névralgies du plexus cervico-brachial, ou celles qui se produisent sur le territoire du facial ou du trijumeau.

Le phénomène douleur qui est essentiellement subjectif, doit être étudié avec soin avant l'application. Il varie avec l'état nerveux du malade et se présente généralement sous la forme d'une douleur aiguë en un point donné qui peut varier d'un jour à l'autre, et d'irradiations dont la topogra-

phie reproduit à peu près celle des branches nerveuses intéressées ou de leurs anastomoses. V. p. ex. les anastomoses du plexus brachial, fig. 8. Nous donnerons plus loin les planches anatomiques des régions les plus fréquemment atteintes afin de guider le praticien sur l'application des électrodes. Il faut donc, muni des renseignements précis donnés par le malade, agir d'une façon logique c'est-à-dire anatomique.

Les théories nouvelles sur la pathogénie des algies n'empêchent pas de suivre rigoureusement cette topographie. Un nerf atteint par une infection sur une quelconque de ses branches, terminaisons nerveuses intramusculaires comprisee, peut devenir douloureux dans sa totalité et c'est en le faisant parcourir en entier par le courant ionique, qu'on aura le plus de chance de l'atteindre *loco dolenti*, d'autant que son trajet suit les gaînes musculaires et que les gros troncs sont souvent parallèles à la direction des fibres musculaires profondes. Il y a donc intérêt à encadrer tout le segment nerveux depuis le rachis jusqu à ses terminaisons périphériques et tenir compte, pour l'application des électrodes, des anostomoses douloureuses, par exemple : point rétro-mastoïdien dans la névralgie sus-orbitaire.

Dans les premières séances, il faudra appliquer les électrodes le plus possible au contact de la région où la douleur est au maximum. Puis, dans les séances suivantes, il faudra étendre peu à peu le champ d'action du courant sur la totalité du membre.

On peut aussi, comme nous l'avons dit, pratiquer la diathermo-ionisation dans une même séance, en encadrant la partie la plus douloureuse par la diathermie pendant que l'on fera passer, parallèlement au membre et perpendicu-

lairement aux ondes diathermiques, des ions médicamenteux qui, à la faveur de la poussée congestive et de la vasodilatation que provoque la diathermie auront plus de chance, s'ils sont diffusibles, de se fixer dans la partie malade.

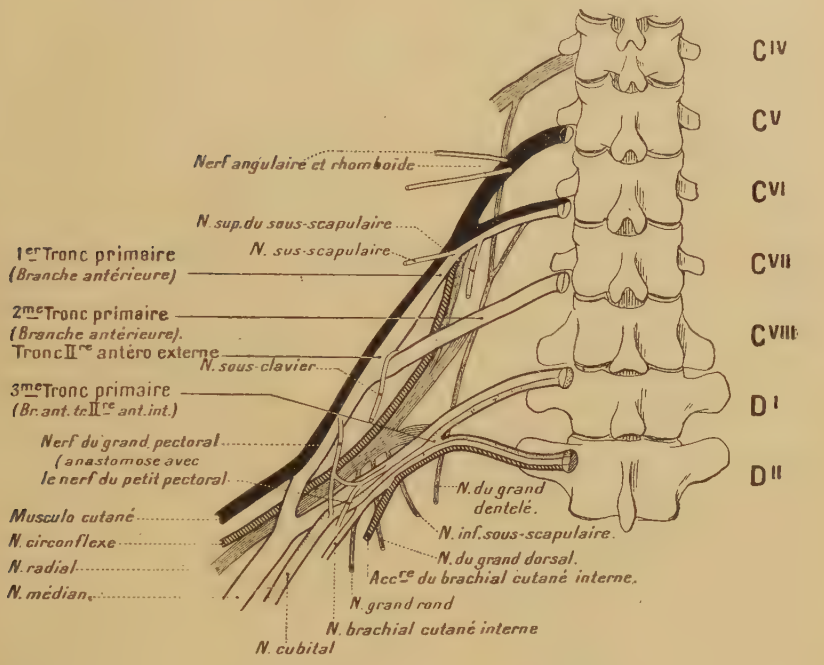


Fig. 8

**Points d'émergence au niveau des étages vertébraux. Origine des différents nerfs du membre supérieur.**

En outre, il faudra savoir changer un électrolyte, si son action semble inefficace ou épuisée. De nombreux cas ont été traités avec succès par le salicylate, puis par l'iodure ou le calcium et inversement. Les algies rhumatismales, qu'elles soient neuro-musculaires ou ostéoarticulaires seront traitées, au début par le salicylate puis, en cas d'échec, par

le calcium, l'iodure ou le lithium. Inversement les algies intéressant un trajet nerveux seront d'abord soumises à l'influence des ions iode ou calcium. M. Bourguignon débute systématiquement par le calcium, mais l'iodure nous a donné d'emblée d'excellents résultats. Le calcium a l'avantage d'appliquer directement sur le point douloureux le pôle positif dont les propriétés analgésiques sont connues et utilisées depuis longtemps (Vigouroux). Mais pour tous les ions analgésiques, iode, salicyle, qui se placent au pôle négatif, rien ne s'oppose à ce que les électrodes soient placées de telle sorte que l'électrode active (négatif) soit éloignée de la lésion et l'électrode indifférente (positive) sur la région douloureuse. Nous employons fréquemment cette technique.

S'il s'agit de névralgies sur un des nerfs craniens nous recommandons de ne pas les traiter au début par l'aconitine : si efficace que puisse être cet électrolyte, il n'en est pas moins très dangereux et nous préférons ne pas faire courir au malade un risque, quand il peut être guéri par un médicament inoffensif. Nous rapportons ici l'observation d'une malade atteinte d'une névralgie sous-occipitale datant de 9 ans sur laquelle nous aurions été en droit d'essayer en premier les effets de l'aconitine, puisque la malade avait tout tenté pour se guérir. Nous avons préféré, pour les raisons ci-dessus mentionnées, débuter par le salicylate et son action a été suffisante (Obs. XIII).

## Affections du système nerveux

Névralgies sciatiques. — Difficiles à traiter, elles nécessitent de grandes électrodes et une source de courant assez

puissante. On conçoit, pour cette raison, combien il est peu aisé de traiter à domicile des malades intransportables. Dès qu'il sera possible de faire des ionisations dans des conditions parfaites, on pourra recourir aux deux méthodes clas-

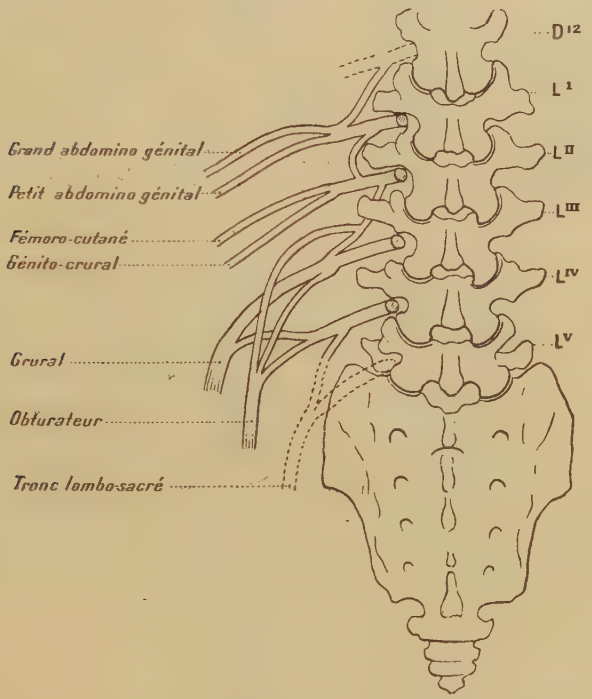


Fig. 9
Plexus lombaire. Points d'émergence et branches.

siques : la méthode transversale de Hirtz et la méthode longitudinale.

Nous recommandons, si toutefois le malade supporte la chaleur, de l'associer dans une même séance à la diathermie.

L'électrode active doit être placée le plus souvent sur le rachis, de la quatrième vertèbre lombaire, à la deuxième

## PLANCHE I

### Le grand nerf sciatique (Hovelacque).

Le grand fessier est incisé, les deux lambeaux sont rejetés de par et d'autre. Le long chef du biceps est incisé, la partie supérieure est rejetée en dedans. Le demi-tendineux est éversé en dedans.

1. Les rameaux périnéaux du nerf cutané postérieur de la cuisse. — 2. Le nerf supérieur du demi-tendineux. — 3. Le nerf de la longue portion du biceps. — 4. Le nerf inférieur du demi-tendineux (ici il naît par un tronc commun avec le nerf du demi-membraneux). — 5. Le tronc commun du demi-membraneux et du grand adducteur. — 6. Le filet du grand adducteur. — 7. Le nerf de la courte portion du biceps.

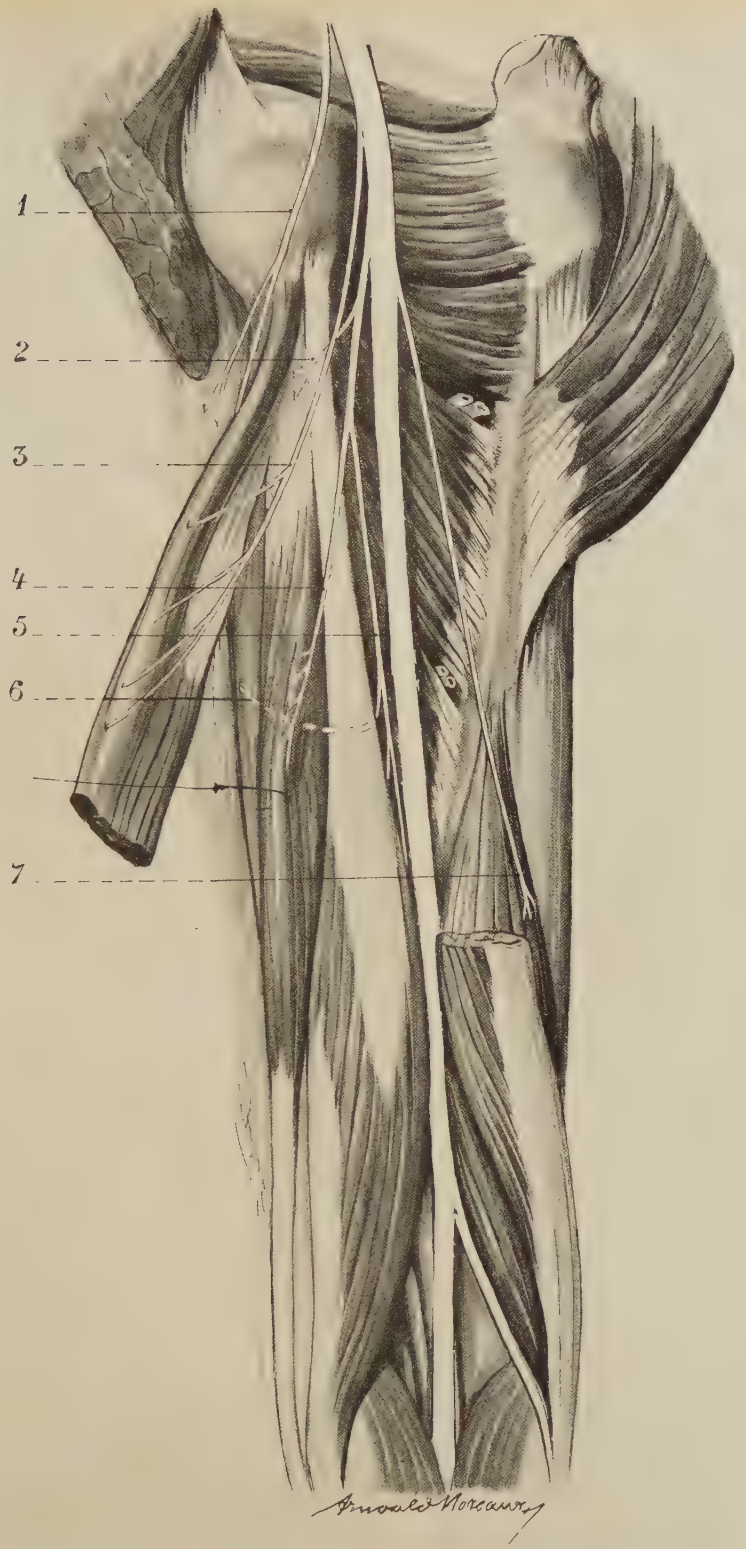


PLANCHE I

G. Doin et Cie, éditeurs, Paris.

vertèbre sacrée. Le nerf sciatique naît, en effet, à ce niveau du tronc lombo-sacré et des trois premières branches sacrées. La seconde électrode doit être placée sur les points où l'on atteint facilement les troncs et les branches sciatiques. Ce sont les points fessiers (para-trochantériens), le point poplité

Fig. 10
**Trajet du nerf sciatique dans la région fessière.**

entre les tendons des muscles jumeaux, la région antéro-externe de la jambe, (interstice du jambier antérieur et de la crête tibiale).

Il faut, au cours du traitement, varier les points d'application pour ne pas irriter les régions d'élection ; mais les électrodes doivent toujours être placées de manière à entourer

## PLANCHE II

LE NERF SCIATIQUE POPLITÉ EXTERNE ET LE NERF SCIATIQUE POPLITÉ INTERNE AU NIVEAU DU CREUX POPLITÉ (HOVELACQUE).

1. Le nerf sciatique poplité externe. — 2. Le nerf saphène externe. 3. Le nerf du jumeau externe. — 4. La branche cutanée péronière. — 5. Le nerf accessoire du saphène externe (particulièrement gros sur cette pièce). — 6. La veine sous-cutanée postérieure de la cuisse (veine fémoro-poplitée). — 7. Le nerf sciatique poplité interne. — 8. Le nerf du jumeau interne. — 9. Le nerf postérieur du soléaire.

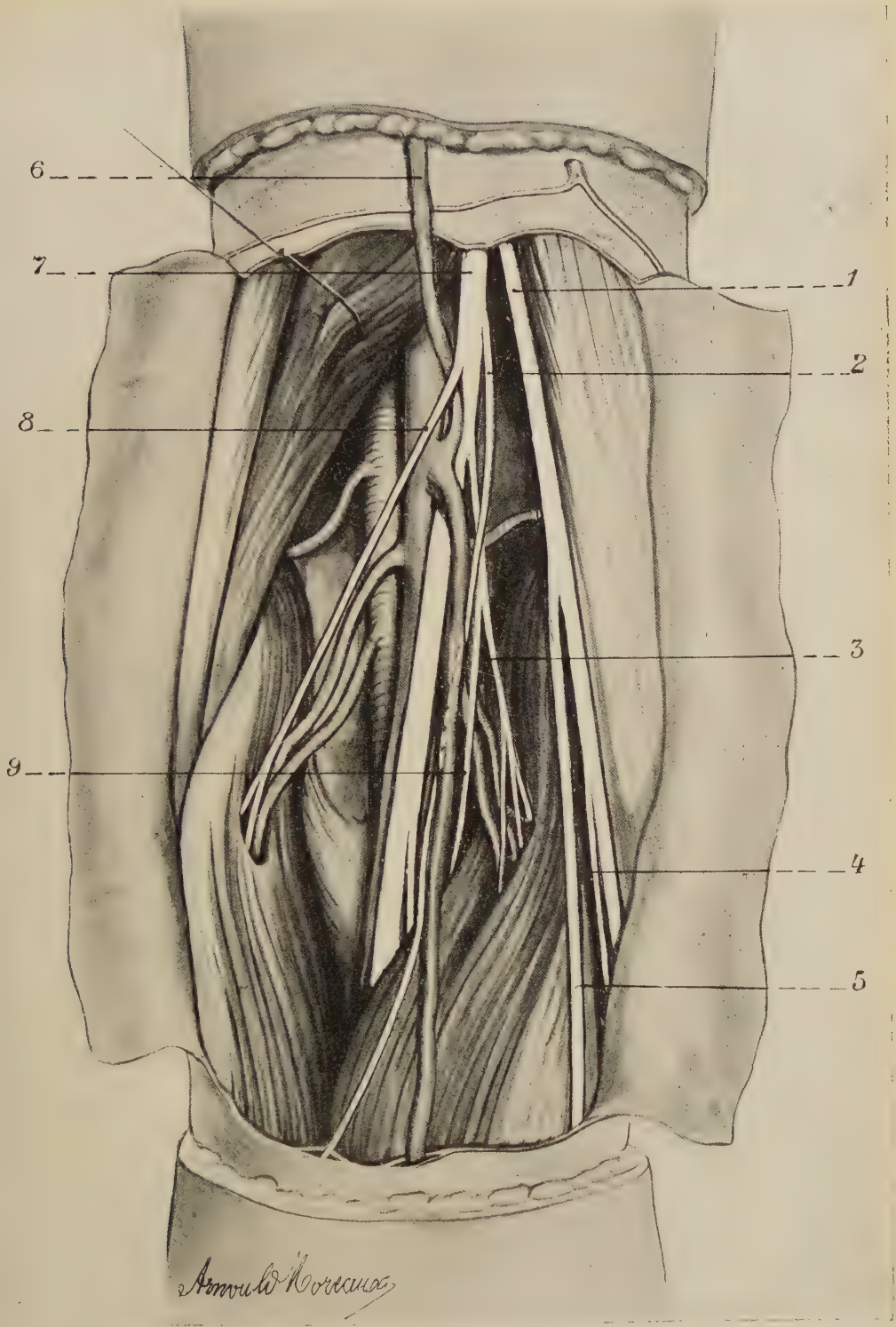


PLANCHE II

G. Doin et Cie, éditeurs, Paris.

les troncs nerveux d'un véritable réseau ionique, en tâchant de laisser la préférence au point vertébral.

Il existe, en fait, quatre points avec lesquels il faut réaliser l'encadrement :

le point vertébral,
le point poplité,
le point fessier,
le triangle de Scarpa.

Les séances devront être quotidiennes, l'intensité, proportionnée aux électrodes, sera conduite jusqu'au maximum tolérable. La séance ne durera pas moins de 30 minutes et le médicament choisi serait, par ordre de préférence, le calcium, les salicylates, l'iodure.

Nous recommandons pour certains malades, lorsqu'il s'agit d'une sciatique haute, de pratiquer l'ionisation en position assise, une électrode placée sur le rachis (de L III à S II) et l'autre sous le siège, en empiétant sur la racine de la cuisse.

Névralgies du génito-crural, du fémoro-cutané, de la branche musculo-cutanée du crural. — Une électrode sera placée sur le rachis et l'autre dans le triangle de Scarpa, débordant de quelques centimètres au-dessus de l'arcade crurale, pour atteindre en dehors, le fémoro-cutané et le musculo-cutané externe ; en dedans de l'axe du membre, le génito-crural. La névralgie du saphène interne se manifestant à la face antéro-interne de la jambe, c'est là qu'on devra placer l'électrode le long du bord interne du tibia. Ces branches sont toutes terminales.

Névralgie obturatrice. — Elle s'observe parfois et peut être améliorée par l'application d'une électrode anale (tam-

pon cylindrique monté sur une tige) pour le pôle inactif, le pôle actif étant constitué par une large électrode spongieuse placée sur le sacrum.

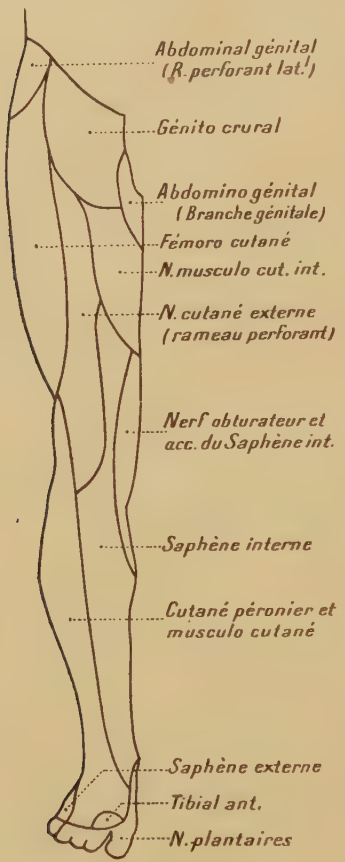


Fig. 11
Topographie sensitive Périphérique du membre inférieur, face antérieure.

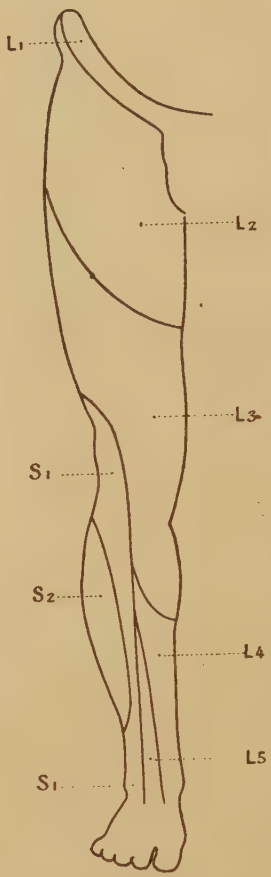


Fig. 12
Topographie sensitive radiculaire du membre inférieur, face postérieure.

Névralgie cervico-brachiale. – Après avoir, comme nous l'avons dit pour les algies en général, traité les points

douloureux isolément, il faudra, le plus rapidement possible, avoir recours aux applications étendues en plaçant invaria-

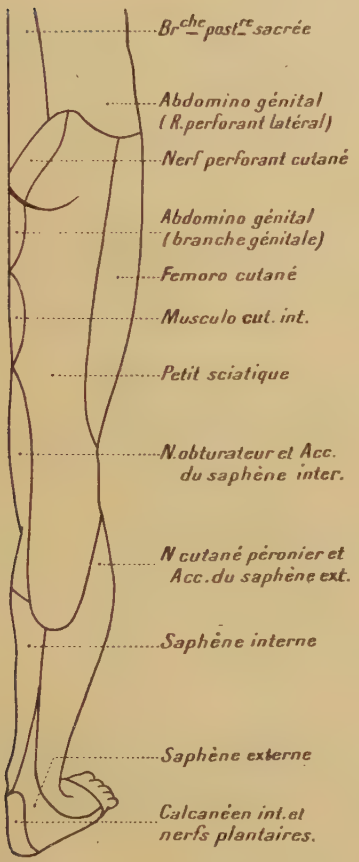


Fig. 13
Topographie sensitive périphérique du membre inférieur, face postérieure.

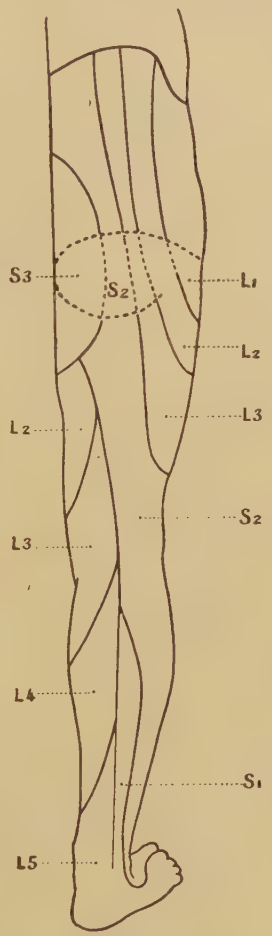


Fig. 14
Topographie sensitive radiculaire du membre inférieur, face postérieure.

blement une électrode (tantôt active, tantôt neutre) sur le rachis. Celle-ci devra empiéter légèrement sur le côté sain,

afin d'encadrer tout le segment de colonne rachidienne. L'autre électrode sera mise à des places variables à chaque séance, face antérieure du moignon de l'épaule, creux axil-

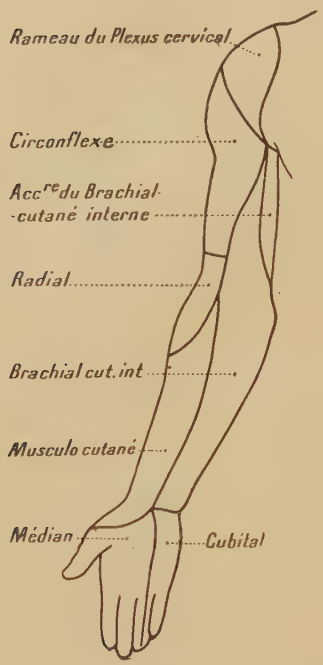


Fig. 15
Innervation cutanée du membre supérieur, face antérieure.

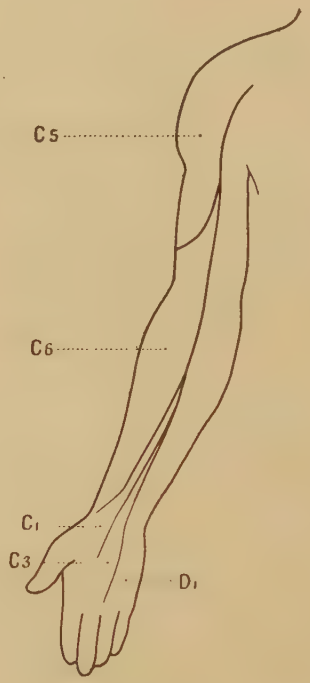


Fig 16
Topographie sensitive radiculaire du membre supérieur, face antérieure.

laire, face interne du bras, pli du coude, avant-bras et même paume de la main. La technique sera la même que pour la sciatique.

Névralgies intercostales. – Une électrode au rachis et l'autre parasternale sur le segment intéressé.

Névralgie sus-orbitaire. — Elle est très fréquente et nécessite une technique spéciale. On placera une électrode sur toute la région douloureuse fronto-orbitaire, et dans les

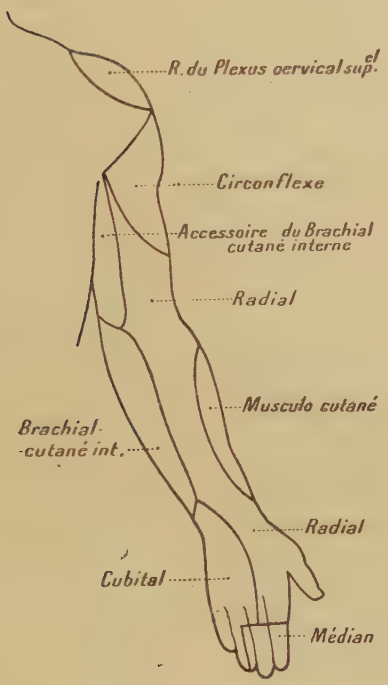


Fig. 17
Innervation cutanée du membre supérieur, face postérieure.

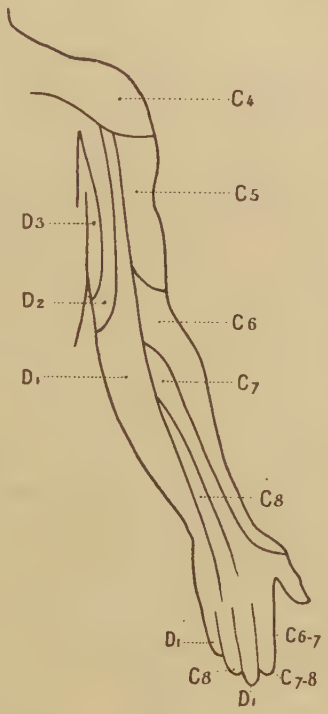


Fig. 18
Topographie sensitive radiculaire du membre supérieur, face postérieure.

premières séances il sera préférable d'agir en surface, en mettant l'autre pôle sur la région temporale opposée. Le courant passera ainsi par les plans cutanés du front et atteindra le point d'émergence sus-orbitaire, ce qui aura l'avantage d'habituer le malade au traitement. (Les applications en profon-

## PLANCHE III

LE NERF CRURAL AU NIVEAU DU TRIANGLE DE SCARPA (HOVELACQUE).

1. Le plan prévasculaire du musculo-cutané interne. – 2. Le rameau satellite de l'artère fémorale de l'accessoire du saphène interne. — 3. Le nerf du pectiné. — 4. Le rameau satellite de l'artère fémorale (même rameau que 2). — 5. Le fémoro-cutané compris dans un dédoublement de l'aponévrose. — 6. Le plan superficiel du nerf crural (musculo-cutané externe et musculo-cutané interne). – 7. Le nerf du psoas. – 8. Le musculo-cutané externe. — 9. Tronc commun fermant le nerf du droit antérieur et le nerf du vaste externe. – 10. Tronc commun donnant le nerf du crural, le nerf du vaste interne et le nerf saphène interne. — 11. Le nerf saphène interne. – 12 et 13. Deux nerfs perforants — 14. Le rameau satellite de la veine saphène interne, de l'accessoire du saphène interne.

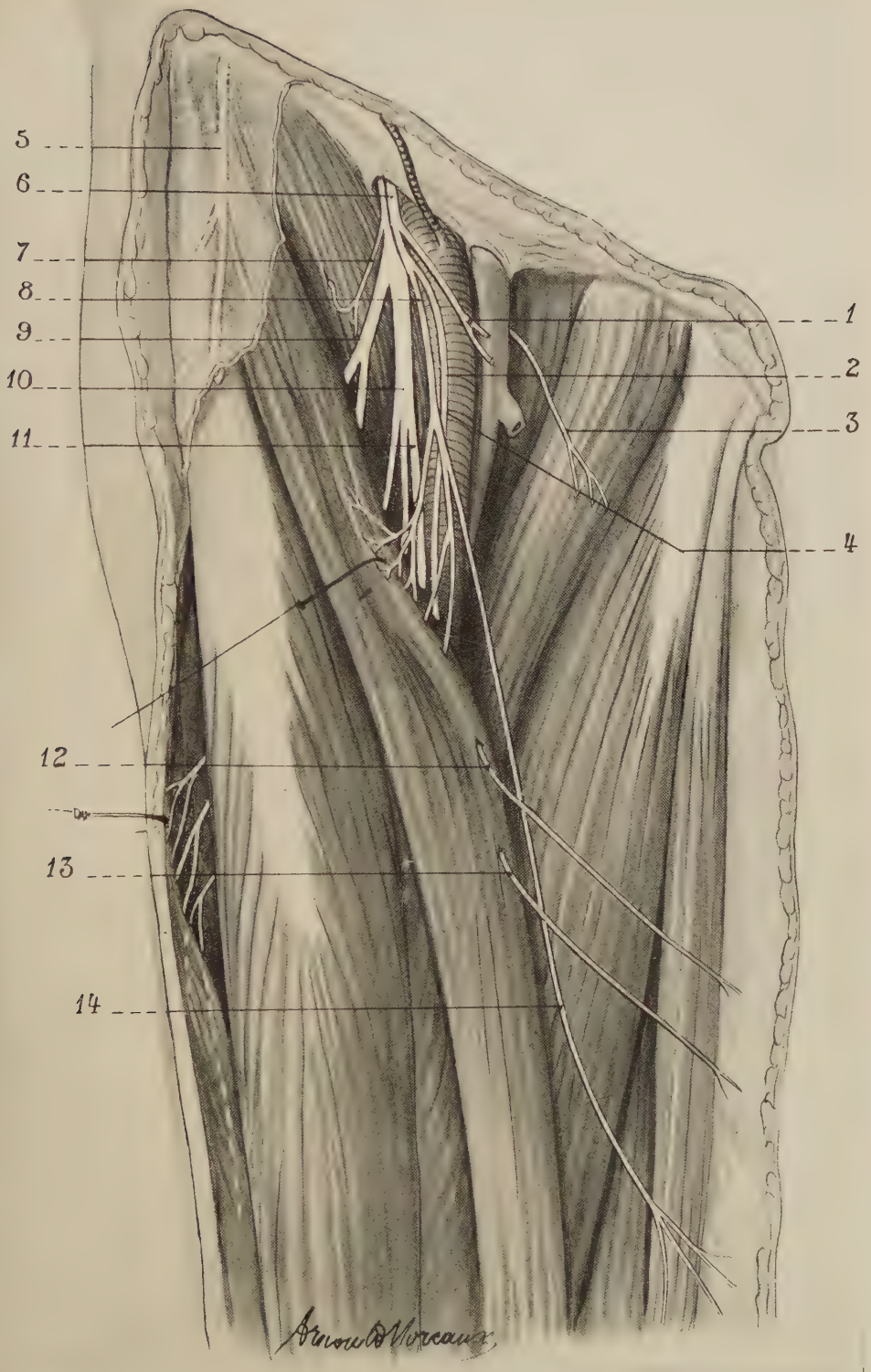


PLANCHE III

G. Doin et Cie, éditeurs, Paris.

deur que l'on doit faire dans les séances suivantes peuvent s'accompagner de vertiges désagréables).

Pour les séances suivantes, il y aura intérêt à placer, selon les cas, la seconde électrode soit derrière la mastoïde (anastomoses du plexus cervical superficiel) soit sur la région temporo-occipitale du même côté. L'intensité devra atteindre le maximum tolérable qui variera entre 3 et 10 milliampères. Il faudra ouvrir et fermer le circuit très lentement. Les séances seront espacées tous les deux jours.

Névralgie sous-orbitaire et maxillaire supérieure. — Il faut se méfier des causes dentaires ; agir comme pour la précédente en mettant l'électrode sur la joue.

Névralgie et paralysie faciale. – Elle doit être distinguée de celle du trijumeau qui donne, presque à lui seul, la sensibilité aux téguments de la face ; celle que donne le facial est limitée à la muqueuse, de la caisse du tympan à la zone de Ramsay-Hunt (conduit auditif externe, méat auditif, conque, tragus, anti-tragus, fosse de l'anthélix et lobule). Il faut donc distinguer la névralgie faciale de la névralgie du trijumeau, bien que, dans l'une et l'autre, des anastomoses nombreuses produisent des phénomènes douloureux dans les deux territoires, ce qui oblige souvent à traiter les deux troncs nerveux.

Les anastomoses du facial qui expliquent ces phénomènes sont celles qui, d'après Hovelacque, se font avec :

1° la branche ophtalmique,

par les rameaux frontaux de la branche temporo-faciale avec les rameaux frontaux du nerf sus-orbitaire.

2° le maxillaire supérieur,

par les rameaux frontaux de la branche temporo-faciale avec le temporo-malaire,

par les rameaux sous-orbitaires de la branche temporo-faciale avec le sous-orbitaire ,

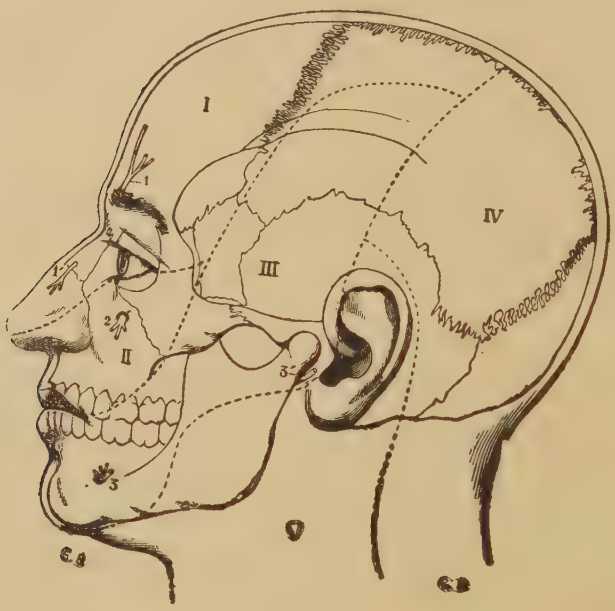


Fig. 19

Territoires sensitifs de la tête pour montrer la distribution spéciale des trois branches du trijumeau (TESTUT et LATARJET).

I, territoire de l'ophtalmique ; II, territoire du maxillaire supérieur ; III, territoire du maxillaire inférieur ; IV, territoire des branches postérieures des nerfs rachidiens ; V, territoire du plexus cervical superficiel ; 1, nerf sus-orbitaire ; 1', nerf naso-lobaire ; 2, nerf sous-orbitaire ; 3, nerf mentonnier ; 3', nerf auriculo-temporal.

par le nerf grand pétreux superficiel avec le ganglion sphénopalatin ;

3° le maxillaire inférieur,

la corde du tympan se jette sur le lingual ;

4° l'auditif,

par deux filets au niveau du conduit auditif interne ;

5° le plexus cervical,

par le rameau auriculaire postérieur de la branche auriculaire du plexus cervical avec le rameau auriculaire postérieur du facial ; et au bord externe de la conque de l'oreille, par des filets du rameau auriculaire antérieur avec des filets du rameau sensitif du conduit auditif externe ;

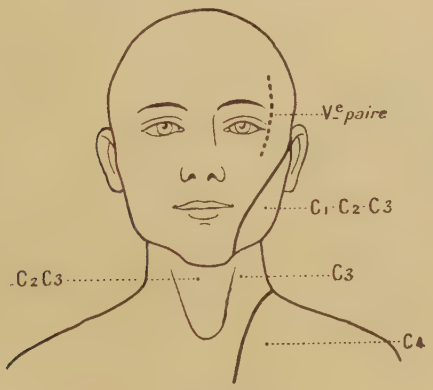


Fig. 20
**Topographie radiculaire de la face.**

6° le Grand nerf occipital d'Arnold (deuxième branche rachidienne cervicale postérieure qui émerge à deux cm. au-dessous et en dehors de la protubérance occip. externe),

par les branches terminales du rameau postérieur du facial.

Ces dernières anastomoses expliquent *les névralgies de la région occipitale* qui peuvent résulter de l'atteinte du nerf d'Arnold, mais n'être aussi que la manifestation médiate de l'atteinte du nerf facial.

## PLANCHE IV

LES ÉLÉMENTS PROFONDS DU PAQUET VASCULO-NERVEUX DE L'AISSELLE (HOVELACQUE).

1. Le petit pectoral très fortement relevé et érigné en haut et en dehors. – 2. Le nerf circonflexe. — 3 Le nerf cubital sectionné. – 4. L'artère scapulaire inférieure. – 5. Le nerf radial. – 6. Le rameau cutané interne du radial. – 7. Le nerf de la longue portion du triceps. – 8. L'arcade fibreuse tendue entre le grand dorsal et la longue portion du triceps. – 9. Le nerf médian sectionné.

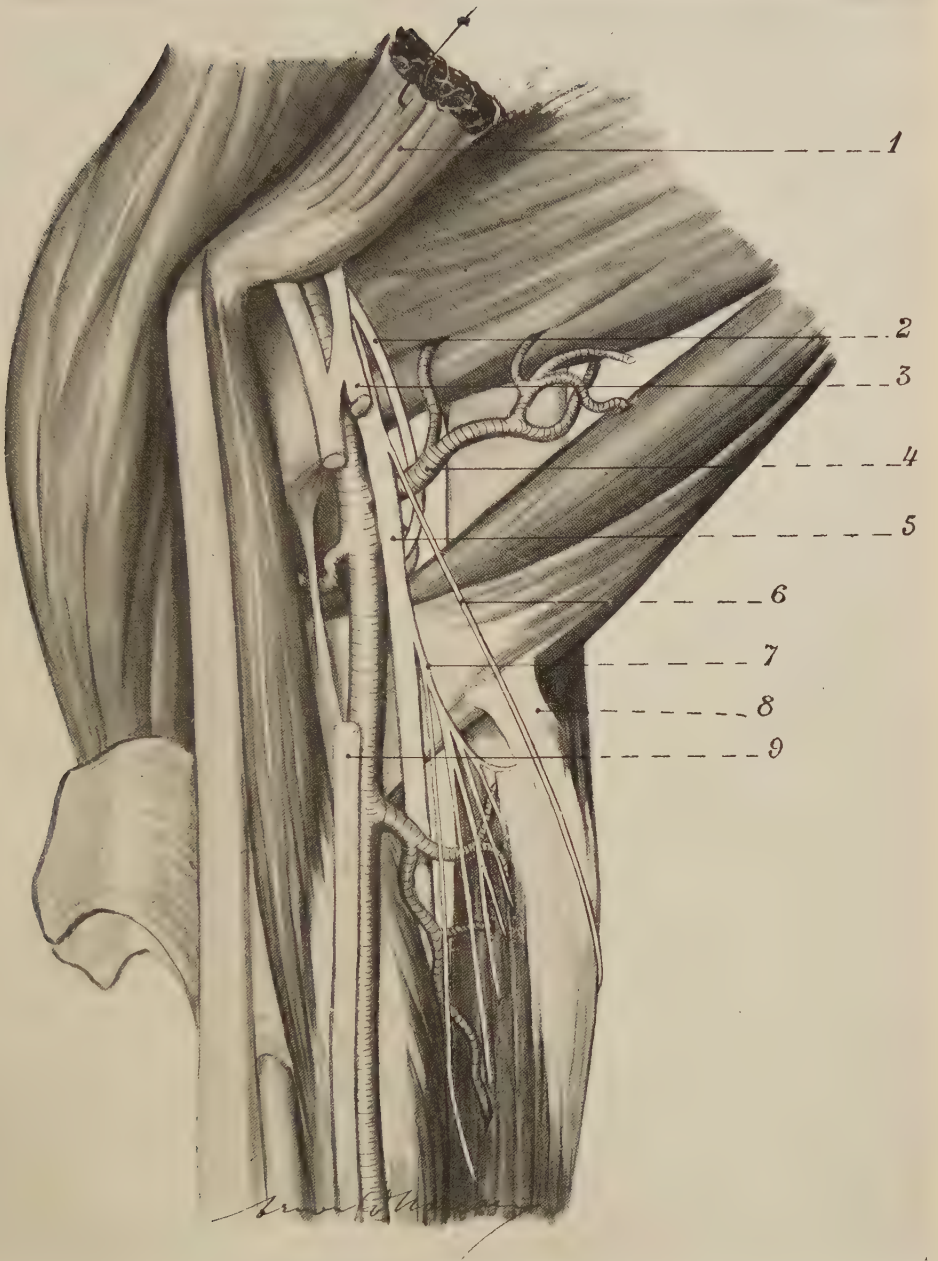


PLANCHE IV

G. Doin et Cie, éditeurs, Paris.

La motricité de la face est presque entièrement donnée par le facial ; trois branches, d'après Erb, produisent les excitations motrices. Elles ont chacune un point d'excitation au niveau du visage :

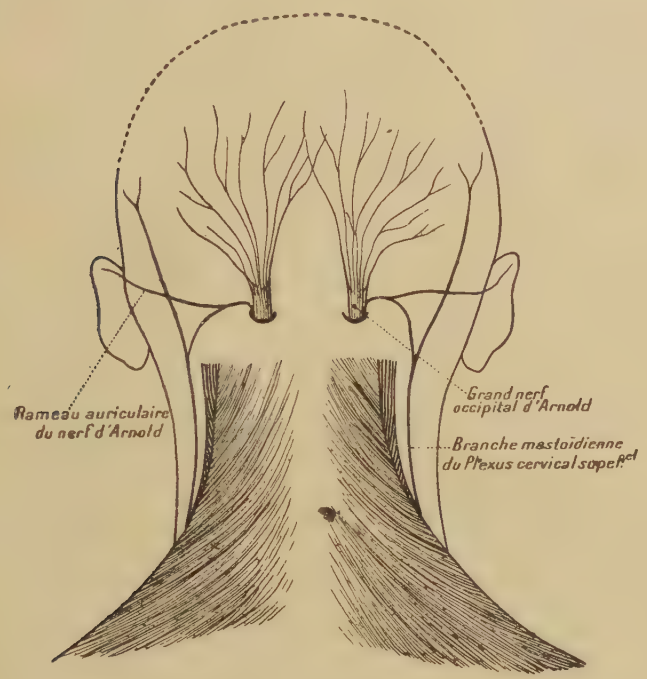
Rameau auriculaire du nerf d'Arnold
Grand nerf occipital d'Arnold
Branche mastoïdienne du Plexus cervical superficiel

Fig. 21
Emergence du nerf d'Arnold.

le premier, sur l'arcade zygomatique, au passage de la branche temporo-faciale, qui permet, par l'application d'une électrode, d'amener la contracture des muscles de la fente palpébrale.

le deuxième, sur le prolongement de la commissure labiale, correspond à la branche moyenne ; sollicité par une excita-

## PLANCHE V

LE NERF RADIAL EST LE NERF MÉDIAN DANS LA RÉGION DU PLI DU COUDE (HOVELACQUE).

Le long supinateur est récliné en dehors. Le rond pronateur, le grand palmaire et le petit palmaire sont sectionnés et leur segment supérieur est rejeté en dedans (HOVELACQUE).

1. Nerf du long supinateur. — 2. Nerf du premier radial. — 3. Nerf du deuxième radial. — 4. Nerf supérieur du rond pronateur. — 5. Rameau vasculaire. — 6. Nerf inférieur du rond pronateur. — 7. Les nerfs supérieurs du fléchisseur commun superficiel. — 8. Nerf du petit palmaire. — 9. Nerf inférieur du fléchisseur commun superficiel. — 10. Nerf du grand palmaire.

Dans le cadre le nerf du petit palmaire apparaissant entre le petit palmaire et le cubital antérieur.

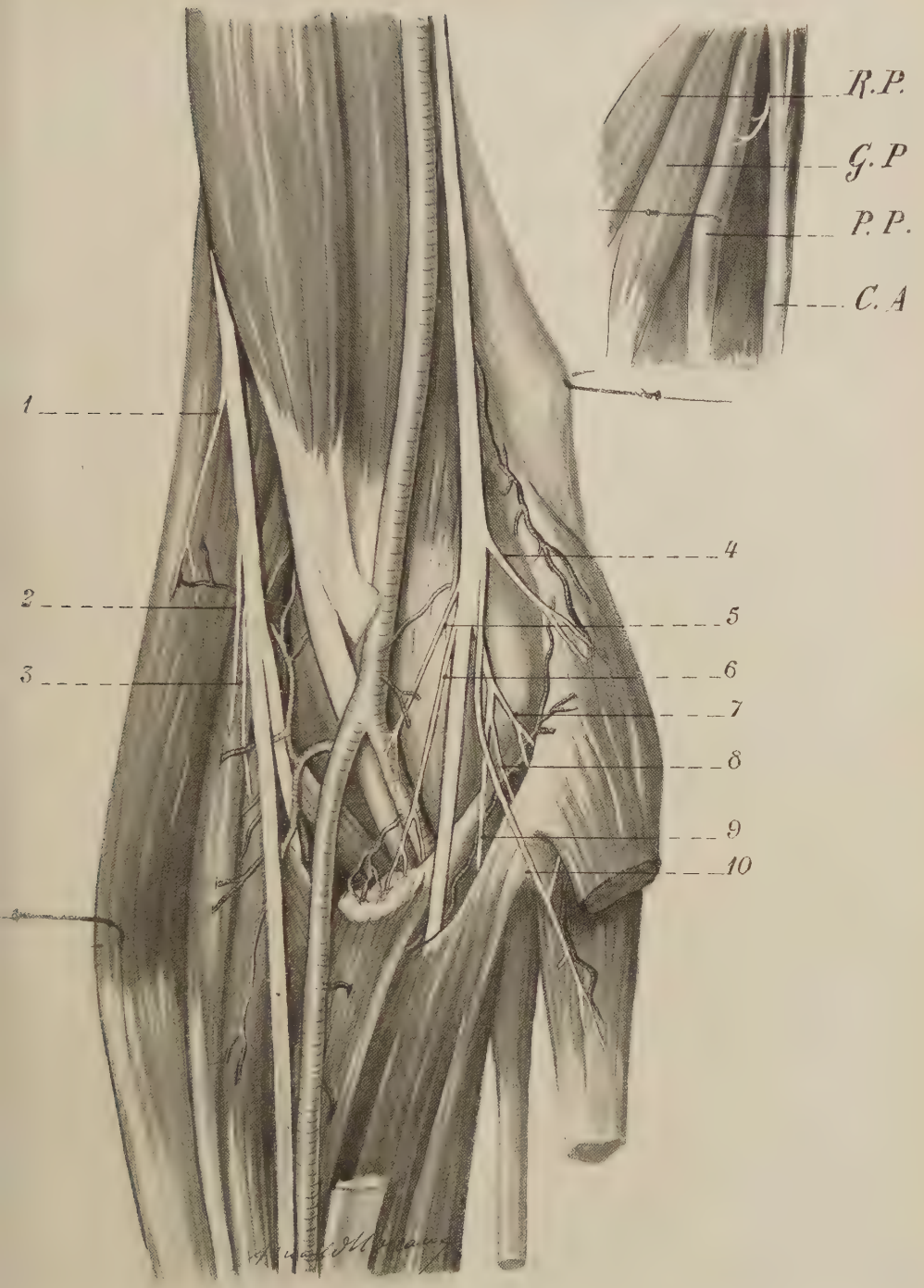


PLANCHE V

G. Doin et Cie, éditeurs, Paris.

tion électrique, il fait contracter les muscles situés entre la bouche et la fente palpébrale.

le troisième, en arrière de l'angle du maxillaire inférieur, répond à la branche inférieure qui tient sous sa dépendance les muscles de la mâchoire.

Points d'applications. – L'ionisation est la même s'il s'agit de paralysie ou de névralgie faciale.

L'électrode active peut être placée soit à l'émergence du tronc nerveux, soit sur les branches distribuées à la face.

Dans le premier cas, on place l'électrode derrière la branche montante du maxillaire inférieur, au-dessous du lobule de l'oreille et jusqu'à l'angle du maxillaire. On peut la tailler de façon à recouvrir en même temps, la région avant et arrière de l'oreille.

Dans le deuxième cas, on découpe une électrode qui puisse s'appliquer sur toute une moitié du visage en contournant l'orbite. On peut étendre l'électrode à la partie latérale du cou pour agir sur les anastomoses postérieures avec les branches du plexus cervical. M. Bourguignon traite les lésions du nerf facial par une électrode en forme de main à trois doigts, dont chaque « doigt » se place sur une des trois branches du facial. La seconde électrode peut être mise sur la nuque du côté opposé.

Pour atteindre en même temps le tronc du nerf facial, il faut agir comme M. Bourguignon sur le trajet osseux du nerf, en plaçant dans l'oreille du malade une mèche de coton dont l'extrémité est reliée à l'électrode en palmette qui recouvre les trois branches du nerf malade. Le médicament à utiliser en premier dans les névralgies sera le calcium, mais

## PLANCHE VI

### Le nerf sous-orbitaire et les filets sous-orbitaires du facial (Hovelacque).

1. Les filets sous-orbitaires du facial. – 2. Le muscle grand zygomatique. — 3. La veine faciale. – 4. Le muscle élévateur commun de la lèvre supérieure et de l'aile du nez. – 5. Le nerf sous-orbitaire. — 6. Le muscle canin. – 7. Le muscle élévateur propre de la lèvre supérieure.

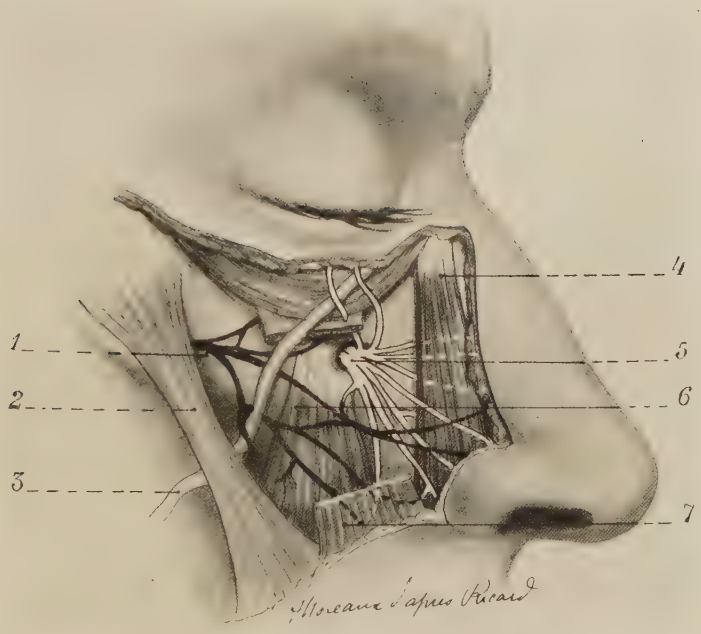


PLANCHE VI

s'il s'agit de paralysie, c'est à l'iodure qu'il faut avoir recours pendant toute la durée du traitement (quinze à vingt séances).

Depuis quelques années, on est arrivé à cette conclusion qu'une paralysie faciale périphérique guérissait seule, mais qu'il n'était pas possible de prévoir son évolution vers la « restitutio ad intégrum » ou vers la contracture. Mais, on ne discute plus maintenant l'opportunité d'un traitement par le courant galvanique et l'ionothérapie. Ils accélèrent tous deux la guérison et diminuent de moitié le temps qui serait nécessaire à une réparation spontanée. Il y a donc intérêt à traiter les paralysies faciales périphériques par l'ionisation iodurée. Si l'évolution doit avoir lieu vers la contracture, comme le courant galvanique n'exerce aucune action néfaste sur elle, on a tout intérêt à utiliser l'ionisation dans les paralysies faciales.

Névralgie totale du trijumeau. — Le point d'application de l'électrode active est le même que celui de M. Bourguignon dans l'ionisation transcérébrale (voir plus loin) : *la voie trans-orbitaire* qui permet d'agir sur les branches trijumales et le ganglion de Gasser. L'ionisation peut se faire sur un œil ou sur deux : la paupière est fermée, l'électrode est petite et ne doit pas dépasser le rebord orbitaire pour éviter la diffusion à la surface du crâne.

La seconde électrode est placée au niveau de l'interstice occipito-vertébral.

On peut agir à la fois sur les branches du trijumeau et du facial en utilisant, comme précédemment, une électrode qui recouvre toute une moitié du visage depuis la racine des cheveux, jusque sur la face postéro-latérale du cou, en arrière

## PLANCHE VII

### Le nerf facial extra-pétreux (Hovelacque).

1. Les branches terminales du nerf auriculo-temporal. – 2. Le muscle auriculaire antérieur. – 3. Filet anastomotique avec le grand nerf occipital d'Arnold.— 4. Le rameau sensitif du conduit auditif externe. 5. Le rameau auriculaire postérieur. — 6. Le nerf du ventre postérieur du digastrique. — 7. La branche auriculaire du plexus cervical. — 8. Le nerf sus-orbitaire. — 9. Le muscle orbiculaire des paupières. 10. Le muscle grand zygomatique.— 11. Le canal de Sténon. — 12. Le nerf buccal. – 13. Le muscle orbiculaire des lèvres. — 14. Le muscle triangulaire des lèvres. — 15 Le peaucier du cou désinséré et rabattu.

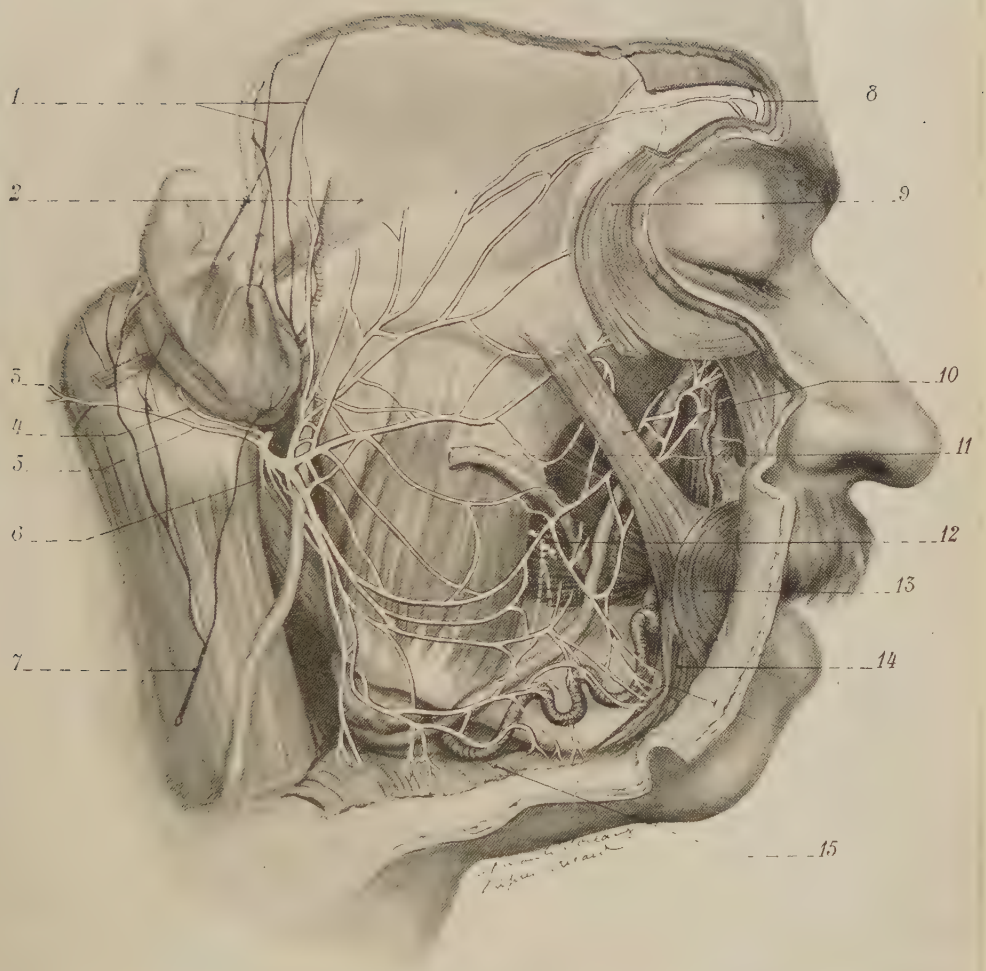


PLANCHE VII

du maxillaire inférieur. De même lorsqu'on veut traiter en même temps les branches faciales postérieures et occipitales, on recouvre toute la région rétro-auriculaire et postéro-latérale du cou par l'électrode active.

Si les névralgies ou les paralysies sont bilatérales, on applique l'électrode active tantôt sur un côté, tantôt sur l'autre.

Tic douloureux de la face. — Il se traite de la même manière, mais il est recommandé d'employer des doses fortes. Leduc préconise l'ion quinine et fait passer 45 milliampères.

Lorsqu'un muscle présente un degré de dégénérescence marquée, le praticien s'inspirera des données de l'électro-diagnostic pour le choix de la place des électrodes de traitement. Les ions emprunteront vraisemblablement le même chemin que celui qui sert au passage du courant lors d'un examen électrique. C'est, du reste, ce que nous avons fait chez quelques-uns de nos malades où l'amélioration nous a semblé beaucoup plus rapide. Il faut, en outre, que le traitement par l'ion iode d'une paralysie soit sans cesse contrôlé par l'électro-diagnostic.

Hémiplégie avec contracture. — Dans les cas d'hémiplégie avec contracture, M. Bourguignon, au cours de la dernière guerre,préconise *l'ionisation transcérébrale* avec l'ion calcium, qui lui semble bien supérieur à l'iode. Le calcium a, en effet, une action calmante sur les centres pyramidaux, et le pôle positif vient ajouter à cet effet, une action connue des anciens auteurs (Tripier, Onimus et Legros, Larat, Leduc, Althaus, Lewis Jones) comme le fait très justement remarquer M. Duhem.

## PLANCHE VIII

LES DEUX PREMIERS NERFS CERVICAUX SORTANT DU CANAL RACHIDIEN (HOVELACQUE).

1. La branche postérieure du premier nerf cervical. – 2. La branche antérieure du premier nerf cervical. — 3. La branche antérieure du deuxième nerf cervical. — 4. La branche postérieure du deuxième nerf cervical (grand nerf occipital d'ARNOLD). — 5. L'artère vertébrale.

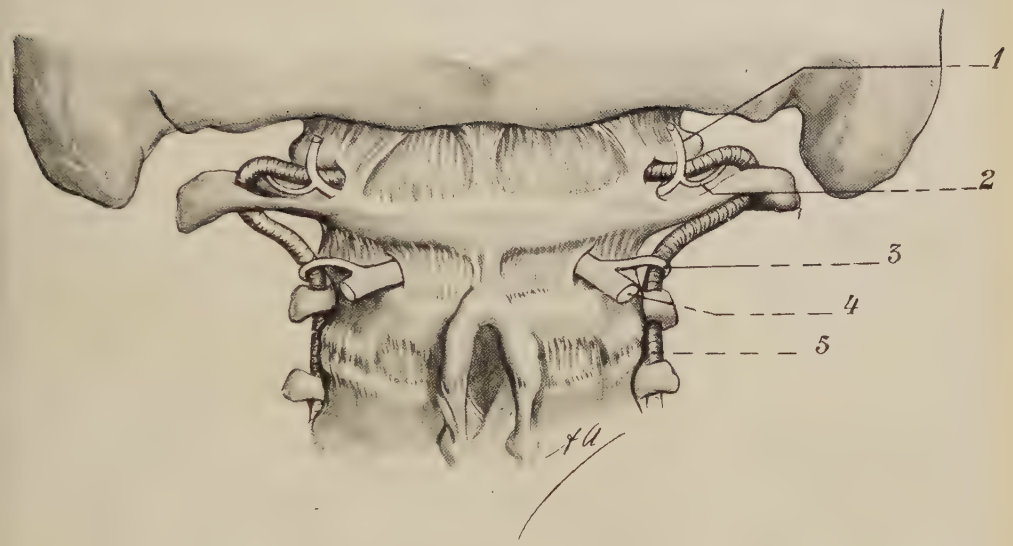


PLANCHE VIII

G. Doin et Cie, éditeurs, Paris.

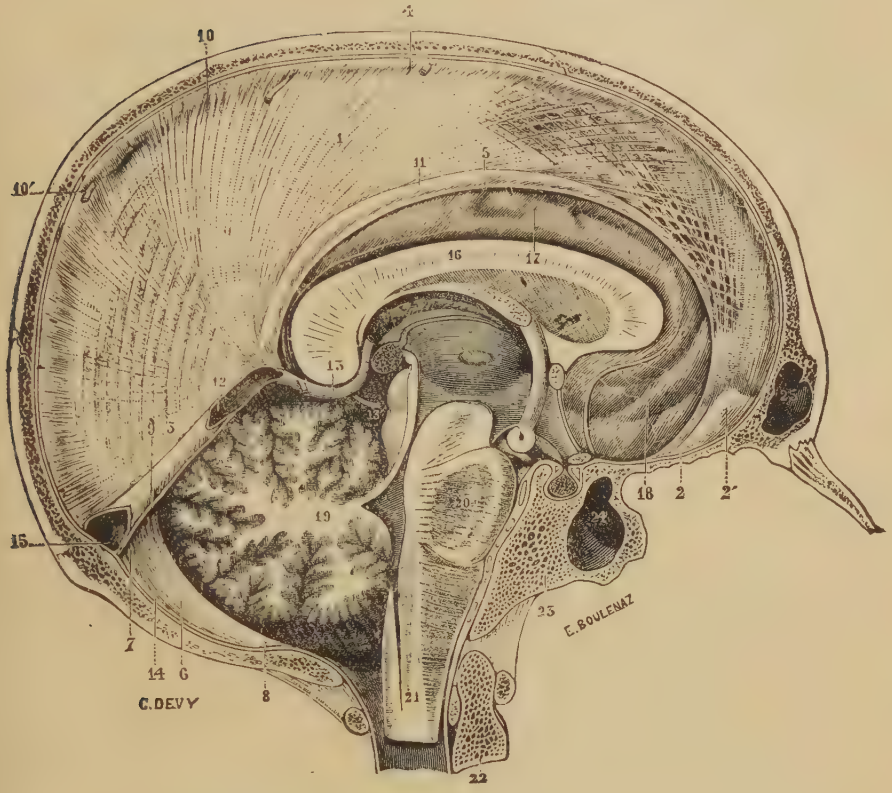


Fig. 22

Les deux faux du cerveau et du cervelet vues par leur face latérale droite (TESTUT et LATARJET)

1, faux de cerveau avec; 2, son sommet inséré sur 2' l'apophyse crista galli; 3, sa base; 4 son bord supérieur ou grande circonférence; 5, son bord inférieur ou petite circonférence; 6, Paux du cervelet avec; 7, sa base; 8, son sommet; 9, coupe de la tente du cervelet; 10, sinus longitudinal supérieur avec 10' une veine cérébrale devenant sinusienne; 11, sinus longitudinal inférieur; 12, sinus droit; 13, veine de gallien avec 13' veine basilaire; 14, sinus occipital postérieur: 15, pressoir d'Hérophile; 16, corps calleux; 17, circonvolution du corps calleux; 18, circonvolution frontale interne; 19, coupe de cervelet; 20, coupe de la protubérance, 21, coupe du bulbe; 22, axis; 23, apophyse basilaire de l'occipital; 24 sinus sphénoïdal; 25 sinus frontal.

La méthode consiste à placer l'électrode indifférente sur la nuque et l'électrode positive dédoublée sur chaque cavité orbitaire, en ayant soin de ne l'appliquer que sur les paupières, car le liquide est irritant pour la conjonctive. Ces électrodes oculaires sont imbibées d'une solution de chlorure de calcium à 1 %.

Cette voie n'est pas véritablement transcérébrale ; elle devrait plutôt être appelée *transisthmique.* Une coupe sagittale du crâne montre, en effet, que les lignes de force du courant (orbito-occipital) passent par la fente sphénoïdale, traversent la région isthmique et l'origine des noyaux des nerfs craniens, sans passer par les noyaux supérieurs. Leur trajet suit donc la face inférieure de l'encéphale et respecte les lobes. La diffusion des ions vers les régions supérieures par la bandelette optique ou les vaisseaux ou par la surface de l'encéphale semble très problématique (fig. 22).

(Nous verrons plus loin que l'ionisation transcérébrale n'est vraiment réalisable que chez l'enfant.)

Pour obtenir sur les hémiplégies avec contractures un résultat, il faut un traitement relativement long, mais il donne presque toujours une grosse amélioration.

Il faut quinze séances d'une durée de vingt à trente minutes avec une intensité faible de deux à cinq milliampères. Les six premières séances auront lieu tous les jours, puis tous les deux ou trois jours. Après un repos d'un mois, il y a lieu de refaire dix séances, puis de soumettre le malade, pendant quinze à vingt-huit mois, à une série de dix applications environ tous les trois mois. M. Bourguignon alterne l'iode et le calcium si l'hémiplégie est d'origine syphilitique.

Lésions du faisceau pyramidal. — M. Bourguignon emploie la même technique en plaçant l'électrode rachidienne (neutre) sur le sacrum et en mettant les électrodes actives sur les globes oculaires.

Dans ces deux groupes d'affection, la méthode de M. Bourguignon est discutée par M. Duhem, non dans ses grandes lignes mais dans son mode d'application. Il objecte la difficulté de mettre chez l'enfant les électrodes oculaires et emploie la voie bi-temporale qui lui semble aussi logique à cause de la présence des vaisseaux méningés moyens dans les lignes de force du courant. Nous faisons les mêmes objections quoiqu'ayant pu traiter, sans grande difficulté un enfant de six

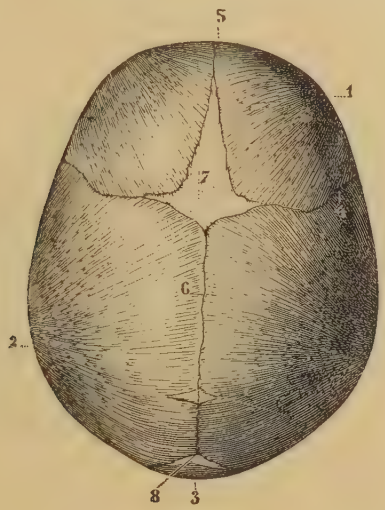


Fig. 23

Tête de fœtus à terme vue d'en haut (Testut et Jacob)

1,1 frontal : 2,2 pariétal ; 3, occipital ; 4, suture front pariétale ; 5, suture métopique ; 6, suture saggitale ; 7, fontanelle postérieure ou lambdatique.

ans, par la voie oculaire, mais nous conservons la méthode de M. Bourguignon pour l'adulte.

Toutefois, nous avons pensé que l'application des électrodes sur les *fontanelles* de l'enfant pouvait donner des résultats satisfaisants, sans présenter les difficultés des applications oculaires. L'électrode active doit toujours être placée

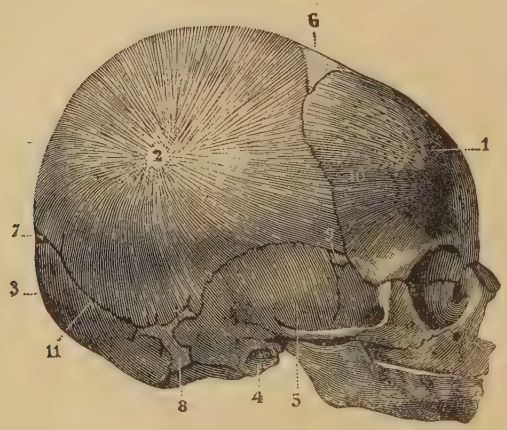


Fig. 24

Tête de fœtus vue par sa face latérale droite (Testut et Jacob)

1, Frontal ; 2, pariétal ; 3, occipital ; 4, cercle tympanal ; 5, temporal ; 6, fontanelle antérieure ou bregmatique ; 7, fontanelle postérieure ou lambdatique ; 8, fontanelle dostéro-latérale ou astérique ; 9, fontanelle antéro-latérale ou ptérique.

sur la grande fontanelle ou *fontanelle antérieure*. La seconde électrode est mise, selon la localisation des lésions, sur l'une des autres fontanelles ; postérieure, postéro-latérale ou antéro-latérale. Si dans le même temps on veut traiter la moelle, il faut placer cette électrode sur les différents étages vertébraux.

Quant à la voie occipito-lombaire de M. Duhem dans le traitement des lésions de la moelle, nous la jugeons insuffi-

sante et lui préférons (sauf en cas de lésion cervicale trop haut située) la méthode de M. Rousseau : le malade est assis sur une large électrode, indifférente ou active, et on place sur la base du cou, en fer à cheval et dépassant les fibres du trapèze jusqu'au creux sus-claviculaire, une large

Fig. 25

électrode semi-circulaire, comme le représente le schéma ci-dessus.

Ce mode d'application est intéressant à connaître car il sert également dans le traitement du rhumatisme vertébral.

Les polynévrites sont plus améliorées par l'ion calcium.

Les lésions nerveuses par compression ou brides, les sutures nerveuses ont avantage à être traitées par l'ion calcium comme les névrites vraies.

## Affections ostéo-articulaires

L'ionisation des articulations donne d'excellents résultats si elle est bien appliquée. La densité du tissu osseux étant un important obstacle au passage du courant, il faut faire en sorte que les lignes de force passent par le centre et l'interligne articulaire. Comme il est difficile de connaître le chemin parcouru par les ions il y a intérêt à varier, à chaque séance, le siège des électrodes qui doivent encadrer l'article malade. De plus, si le cas le permet, il est bon de ne pas faire toutes les applications dans la même position (flexion ou extension), mais de la faire varier au cours des traitements. Sur chaque articulation la place des électrodes est différente :

### I. Au Membre Supérieur.

Articulations des doigts.— Ici l'ionisation est facile car le revêtement de l'article est limité à de minces plans cutanés qui, d'abord peu conducteurs, se laissent aisément traverser après quelques minutes. Si un seul doigt est malade, une petite électrode sur la face palmaire, une autre sur la face dorsale, (toutes deux de largeur légèrement inférieure à celle du doigt) réaliseront le meilleur des traitements. — Si l'affection est poly-articulaire, on place une électrode sur la face palmaire et l'autre sur la partie dorsale des doigts. Dans les deux cas, il faut éviter que les électrodes dépassent les faces latérales pour empêcher la diffusion sur la surface cutanée. L'idéal serait de traiter doigt par doigt.

Articulation du Poignet. — Placer une électrode sur la face antérieure et l'autre sur la face postérieure. Il est utile de faire quelques applications latérales afin de faire pénétrer les ions dans toutes les articulations carpiennes. Etant donnée la résistance qu'offre le poignet au passage des courants de haute fréquence et son échauffement facile lors d'une application de diathermie, il est à recommander de pratiquer là, simultanément, la diathermie et l'ionisation. Le malade étant installé, comme nous l'avons dit plus haut, on place ses mains sur deux plaques réunies chacune à un pôle. Le poignet est d'ailleurs tellement complexe au point de vue articulaire qu'il est difficile à traiter.

Articulation du coude. — On fait des applications antéro-postérieures, mais ici l'électrode médicamenteuse est placée sur la face antérieure à cause de l'olécrane qui empêcherait la pénétration ionique. Les applications latérales ne sont pas d'une grande efficacité à cause de la forme de l'articulation.

Articulation de l'épaule. — Toute la région scapulo-humérale étant recouverte de muscles et d'aponévroses, l'accès de l'articulation est difficile. On peut procéder de deux manières : 1° l'électrode antérieure est mise sur l'espace limité en haut par les deux tiers externes de la clavicule ; en bas par le bord inférieur du grand pectoral ; en dehors elle empiète sur la face antérieure du bras. L'électrode postérieure est placée sur la fosse épineuse, mais le médicament est mis de préférence en avant.

2° On peut mettre une électrode sous l'aisselle, et l'autre, large et étalée, sur le moignon de l'épaule.

Ces deux modes d'application doivent être alternés chez un même malade.

## II. Au Membre Inférieur.

Ce que nous avons dit des doigts et du carpe s'applique aux orteils et au tarse.

Articulation tibio-tarsienne. — Placer une large électrode en avant sur la face antérieure du cou-de-pied. Ce sera invariablement l'électrode active. L'autre est mise, tantôt derrière les malléoles, tantôt sous le talon. Cette application nous a donné de bons résultats. On alterne celle-ci avec des applications latérales : une électrode en dedans, l'autre en dehors, en demi-lune à concavité supérieure encadrant les malléoles.

Articulation du Genou. — Elle peut être traitée par deux électrodes placées chacune sur les deux faces interne et externe ; ou encore l'une dans le creux poplité (on se sert dans ce cas d'un tampon de coton hydrophile s'adaptant exactement à ce creux) ; l'autre sur la face antérieure de l'articulation. Il est préférable de donner à celle-ci la forme d'un croissant encadrant la rotule.

Articulation de la Hanche. — Elle est d'un accès incommode. On peut la traiter de trois manières qu'il est bon d'alterner au cours des séances.

1° Mettre une électrode souple dans le triangle de Scarpa et l'autre sur les muscles fessiers dans la région ischiotrochantérienne.

Fig. 26

Points d'application dans le traitement de l'articulation de la hanche et lignes de forces du courant.

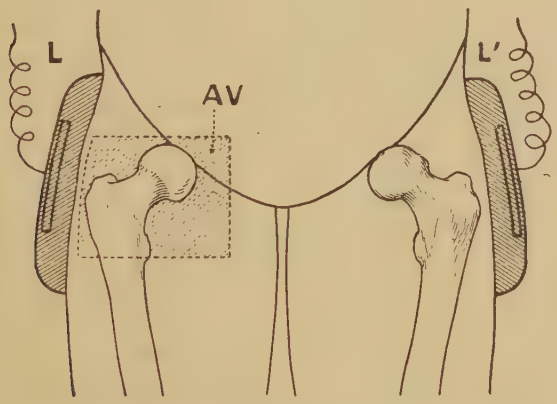


Fig. 27

Cette figure représente deux modes d'applications, l'un latéro-latéral représenté par les électrodes L et L' l'autre antéro-postérieur dont une seule électrode est figurée en avant (AV) l'autre étant mise dans la région fessière.

2° Faire asseoir le malade sur une large électrode indifférente et placer une électrode active à la racine du membre, sur la face antéro-interne de la cuisse (fig. 27).

3° Placer une électrode large sur toute la région trochantérienne (face externe de la hanche) et l'autre sur la hanche du côté opposé. Ce dispositif permet aux lignes de forces du courant de suivre l'axe des cols fémoraux (fig. 27).

Articulations vertébrales. — Les articulations vertébrales sont difficiles à traiter car elles sont nombreuses, petites, entourées d'une gangue fibreuse et profondément situées sous les muscles des gouttières. On place dans tous les cas d'arthrite une électrode active de la largeur de la colonne osseuse sur une étendue qui varie avec des points douloureux. L'électrode indifférente est placée sur la paroi abdominale ou thoracique antérieure. Mais certains malades supportant mal le passage du courant par le thorax ou l'abdomen, on peut faire alors des applications latéro-vertébrales en mettant les électrodes sur les flancs. Nous avons souvent recours à la méthode de M. Rousseau décrite au sujet des lésions pyramidales (voir schéma) qui a l'avantage d'agir sur les lésions disséminées (arthrites et myalgies). Sur les vertèbres cervicales, au niveau des articulations altoïdo-occipitales et axoïdo-atloïdennes on peut employer la voie fronto-occipitale ou mieux la voie latéro-cervicale en plaçant les électrodes le plus haut possible, jusque sur les mastoïdes. Nous citons l'observation d'une migraine tenace guérie par cette méthode. Il s'agissait d'arthrite cervicale (Obs. VIII).

A l'autre extrémité du vertex, se trouvent les articulations *sacro-lombaires* qui entrent si souvent en jeu dans les douleurs

sciatiques et dans les lumbagos. On peut les atteindre par voie antéro-postérieure avec de larges électrodes.

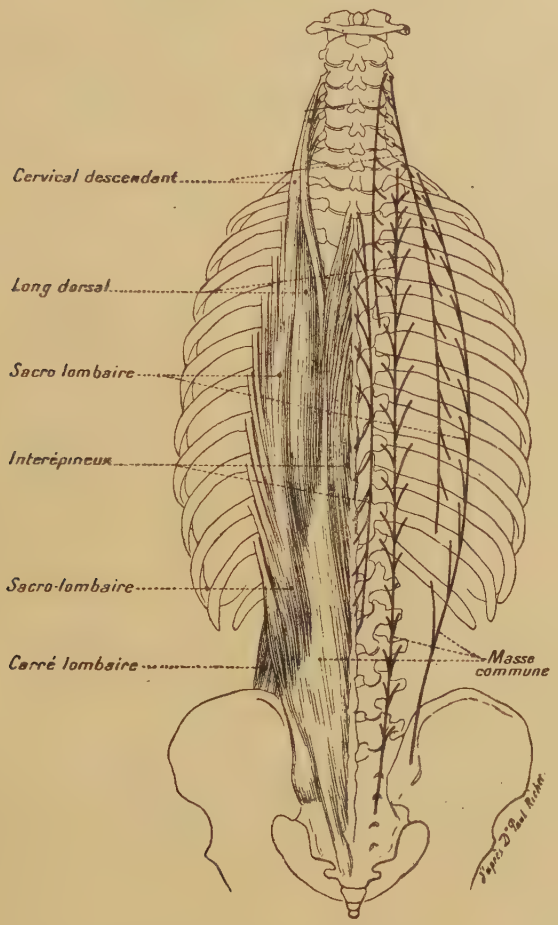


Fig. 28
Insertion des muscles vertébraux.

Les articulations *sacro-coccygiennes* enfin, sont le siège d'une affection fréquente chez la femme : la coccydinie. Une électrode active est placée sur tout le segment sacro-coccy-

gien ; l'autre électrode recouvre la paroi abdominale au-dessus du pubis.

Toutes les arthrites et les myalgies de la région lombo-sacrée sont traitées avantageusement par la position assise en mettant une large électrode sous le siège et l'autre sur la colonne vertébrale un peu-au-dessus de la région à traiter.

Articulation Temporo-maxillaire. — Il y a deux manières de la traiter, soit en mettant une électrode en avant du tragus sur l'articulation et l'autre sur l'articulation du côté opposé. Ce moyen agit dans les formes bi-latérales. On met, comme le fait M. Rousseau, l'électrode active extérieurement sur l'articulation et dans le conduit auditif ; l'autre électrode est placée dans la bouche, c'est un tampon humide et cylindrique de la grosseur d'un doigt qu'on glisse profondément entre les gencives et la joue.

Etudions maintenant les affections ostéo-articulaires susceptibles d'être traitées par l'ionisation. Le choix de l'électrolyte est guidé par la notion d'étiologie. Les lésions inflammatoires, aiguës ou subaiguës, sont justiciables du salicylate de soude, les affections chroniques, plastiques, ankylosantes sont soumises à l'iodure de potassium ou de sodium.

Rhumatisme Articulaire aigu. — Il est peu recommandé malgré l'opinion de quelques auteurs, de faire des ionisations sur les articulations pendant la poussée fébrile. Il est préférable d'attendre que le malade soit apyrétique. Ce traitement est délicat dans les formes poly-articulaires car il faut traiter les articles malades un à un, mais certains dispositifs galva-

niques permettent l'application de deux traitements sur un même malade. Employer une so'ution de salicylate de soude à 3 % et avoir la précaution de faire chauffer la solution avant l'application. L'intensité faible au début est poussée dans le cours du traitement au maximum tolérable.

L'arthrite rhumatismale aiguë est très rapidement améliorée par l'ionisation. Chez plusieurs malades nous avons tenté sans succès la diathermie comme premier traitement et les phénomènes douloureux n'ont cédé qu'après l'introduction électrolytique de salicylate de soude (Obs. XX) Il est vrai que la diathermie avait été tentée dans le but de préparer l'ionisation. Les séances doivent être quotidiennes dans les cinq ou six premiers jours. L'observation que nous rapportons ici s'ajoute à celles de nombreux auteurs (Bordet, Quillichini, Wulliamoz, Leuillieux, Chauvet, Labatut et Guilloz, etc...).

Rhumatismes et Pseudo-rhumatismes infectieux. — La technique est la même que dans le rhumatisme articulaire aigu. Il faut agir dès que la température est redevenue normale. Dans le Rhumatisme blennorrhagique, il y a intérêt à ioniser le plus rapidement possible ; c'est un des moyens les plus efficaces pour combattre la douleur et surtout l'ankylose précoce.

Rhumatisme chronique. — L'ionisation rend surtout des services dans les poussées subaiguës localisées du rhumatisme chronique. On doit cependant la tenter, chaque fois qu'il est possible, sur les articulations malades et la faire alterner avec la diathermie. Nous croyons utile d'avouer que cette méthode,

associée ou non, ne donne pas toujours des résultats satisfaisants. Elle réussit environ dans 50 % des cas ; mais dans les autres, il est rare qu'elle n'apporte pas au malade un soulagement de quelque durée. L'ion salicyle et l'ion iode peuvent être alternés avec l'ion lithium.

Arthrites plastiques. Traumatismes et Ankyloses post-opératoires. — Dans tous ces cas l'ionisation iodurée rend de grands services. Nous croyons devoir insister sur les ankyloses post-opératoires dont il est fort peu question dans les traités d'ionisation. La diathermie et l'ionothérapie peuvent être très heureusement combinées, si, après la séance, on pratique sur l'articulation ankylosée des mouvements de redressement prudents. M. Rousseau a obtenu, par ce traitement, une amélioration considérable de quatre coudes qui semblaient définitivement fixés à angle droit. Cette méthode semble infiniment supérieure aux manœuvres de mécanothérapie. Il faut, pour obtenir un résultat vraiment satisfaisant, instituer le traitement le plus tôt possible après le traumatisme de l'intervention et le combiner au massage des groupes musculaires.

Affections des Muscles. — Outre le traitement des algies musculaires étudié plus haut en détail, rappelons que l'ionisation combat efficacement toutes les atrophies musculaires réflexes consécutives aux affections articulaires. Il en est de même pour la rétraction de l'aponévrose palmaire.

Goutte. — Edison, Labatut, Guilloz ont étudié l'action de l'ion « lithium » sur les manifestations goutteuses aiguës

ou chroniques. Si les recherches physico-chimiques pour expliquer son action sont contradictoires, il n'en est pas moins vrai qu'on obtient dans ces affections des résultats remarquables en le combinant à l'ion salicyle. Ceci a été mis en lumière par M. Zimmern qui a précisé la technique. Au chlorure de lithium employé autrefois, par Labatut on a substitué de nos jours, le salicylate de lithium qui peut être ionisé par les deux pôles. La technique est la même que pour les ionisations salicylées des articulations. Les séances doivent durer une demi-heure, être assez fréquentes (quotidiennes au besoin), et l'intensité doit être élevée. On voit alors rapidement rétrocéder les phénomènes inflammatoires en même temps que la douleur, qui disparaît parfois dès la première application. Il faut agir pendant la crise aiguë, et quand elle est passée, au bout d'une dizaine de jours, on doit faire des séances tous les deux ou trois jours avec une intensité moins forte, pour faire fondre les exsudats inflammatoires et le gonflement périarticulaire.

Affections de la peau et des glandes. — En dermatologie l'ionothérapie rend encore de grands services ; nous passerons en revue ses indications principales.

Cicatrices vicieuses. Brides et chéloïdes. — L'action sclérolysante et régénératrice de l'ion chlore et de l'ion iode donne dans ces cas des résultats parfois surprenants et rend journellement aux blessés de la face les plus précieux services. Ces plaies sont de jour en jour plus nombreuses puisqu'il n'y a pas encore de lois obligeant les constructeurs d'automobiles à équiper leurs voitures avec des glaces spéciales,

et puisqu'on s'obstine à circuler à des vitesses considérables dans des cages de verre. Le traitement doit être institué dès que la plaie est fermée ou que les fils sont enlevés. Il est utile d'associer à l'ionisation des applications de diathermie soit au début d'une même séance, soit en alternant les applications. On voit ainsi très rapidement la cicatrice blanchir et s'aplatir, les tissus reprendre leur souplesse, et les douleurs disparaître s'il existe des inclusions nerveuses. En cas de chéloïdes, il y a lieu de se servir parfois de l'électro-coagulation soit pour faire de l'électro-puncture, soit pour une ablation plus étendue.

On procède, après un dégraissage de la région à traiter, (comme nous l'avons dit plus haut), à l'application d'une électrode de coton hydrophile débordant sur la périphérie. L'autre électrode est mise le plus près possible de la région du côté opposé (Voir l'observation XXVII). Nous recommandons pour les plaies de la joue, des lèvres, du sillon naso-génien, de placer l'électrode inactive dans la bouche. L'ionisation se fera ainsi dans des conditions idéales.

Dans les cas de brides, de scléroses, de rétraction, aux heureux effets de l'iode s'ajoutent les effets propres au pôle négatif, sous lequel s'observe le phénomène de gonflement, d'hydratation que nous connaissons. Les séances, quotidiennes au début doivent ensuite s'espacer tous les deux ou trois jours. Après la dixième séance, il n'est pas rare d'avoir déjà un changement considérable. Nous recommandons au praticien de ne pas manquer de prendre une photographie de la lésion avant le traitement. Cette précaution peut être très utile au malade... et parfois aussi au médecin.

Sclérodermies. — La sclérodermie généralisée peut être améliorée par l'iode ; le traitement en est long mais il doit dans tous les cas, être institué. M. Duhem rapporte une très belle observation de guérison.

Adénites Tuberculeuses. — A la période inflammatoire cette affection bénéficie largement de l'ionisation iodée ; il en est de même pour les cicatrices souvent adhérentes et laides consécutives à la période de suppuration. Pendant cette période, il est préférable d'avoir recours au rayons ultra-violets localisés.

Ulcères, Fistules, Plaies atones. — L'ionisation au Zinc préconisée par Leduc donne d'excellents résultats. Nous l'associons volontiers aux rayons ultra-violets.

Les plaies étendues sont recouvertes d'un tampon hydrophile stérilisé relié au pôle positif et imprégné d'une solution de chlorure de zinc à 1 %. Dans les plaies anfractueuses et les fistules on place un tampon plus ou moins volumineux, imbibé de la solution, et monté autant que possible sur une tige de zinc. La séance doit être longue (trente à quarante-cinq minutes) et les séances espacées de une à trois semaines selon les cas. Il est classique de dire que l'intensité doit être de quatre milliampères par centimètre carré. Ces séances peuvent être pénibles et nécessitent parfois l'anesthésie générale.

Lorsqu'on a une ulcération petite à traiter, il faut protéger la peau environnante avec du sparadrap en laissant l'électrode au contact de la plaie seulement.

Chancre Phagédénique. — Cette affection redoutable

peut être combattue par le même procédé comme l'ont montré MM. DELHERM et LAQUERRIÈRE. Après un nettoyage minutieux, il faut faire une application de quinze à vingt minutes avec deux ou trois millampères seulement par centimètre-carré. Une ou deux séances (espacées) suffisent parfois.

Dans toutes ces affections, les pansements, dans les jours qui suivent, doivent être très soigneusement faits avec le tulle gras ou l'oléogoménol à 5 %.

IMPETIGO ET ECTHYMA. — Traiter avec la méthode de MM. DELHERM et LAQUERRIÈRE : « Enlever d'abord les croûtes avec des compresses d'eau distillée chaude ; laver au savon mou et à l'éther, enduire la région de gélatine au zinc, recouvrir de gaze imbibée de la même solution et pratiquer l'ionisation pendant 15 à 30 minutes avec 10 à 40 milliampères suivant la surface intéressée... A la fin de la séance on laisse la gaze en place pendant 3 ou 4 jours. »

SYCOSIS STAPHYLOCOCCIQUE. — JAULIN et LIMOUZI le traitent par l'association de la radiothérapie à l'ionisation au sulfate de zinc chaud à 2 % (dix milliampères pendant une heure).

LUPUS VULGAIRE. — STOPFORD, TAYLOR et MAKENNA le traitent par une ionisation au chlorure de zinc consécutive à une application de potasse qui provoque une réaction locale violente : il y a formation d'une croûte exsudative qu'il faut laisser se détacher d'elle-même. Recommencer l'opération toutes les trois semaines jusqu'à guérison.

Néoplasmes. — Les néoplasmes cutanés ou muqueux peuvent être traités indifféremment par l'ion zinc ou l'ion cuivre (Wintz et Holthusen) le plomb (Günsett) ou le magnésium. Les autres néoplasmes après les recherches de M. Delbet et les travaux de MM. Zimmern et Wichham peuvent être retardés dans leur évolution par des ionisations au chlorure de magnésium en solution concentrée (dix à cinquante p. cent) que l'on place au pôle positif le plus près possible de la lésion. L'électrode négative est mise du côté opposé encadrant le mieux possible la région néoplasique. L'intensité comme la durée de la séance varieront avec la dimension des électrodes, l'affection à traiter et la résistance du malade.

Verrues. — L'introduction électrolytique du magnésium guérit incontestablement les verrues comme l'ont montré Leduc, Lewis Jones et Marquis. On procède comme pour un petit ulcère en protégeant la peau environnante. On fait passer quinze à vingt milliampères pendant vingt-cinq à trente minutes, avec une solution de chlorure de magnésium (vingt pour cent). Il faut ramollir les verrues épaisses par un cataplasme, pendant deux heures, et au besoin (verrue plantaire) abraser au bistouri la partie la plus saillante. Faire une séance par semaine.

Nous ajoutons toujours au traitement des verrues (ionisation ou diathermo-coagulation) l'administration par voie buccale de chlorure de magnésium qui hâte la guérison d'une façon remarquable.

Hypertrichose. — Plusieurs auteurs contemporains trai-

tent l'hypertrichose par l'ionisation d'acétate de thallium avec des techniques un peu différentes. Mais, outre que cet électrolyte est assez toxique, les résultats ne sont pas toujours définitifs. On obtient souvent une chute des poils mais irrégulière et imparfaite ; le système pileux de la région traitée est incontestablement dévitalisé, mais ce traitement ne constitue pas une cure radicale. Nous donnerons la préférence parmi les méthodes en cours, à celle de MM. Louste Juster et Dramez, qui n'obligent pas comme celle de MM. Delherm et Laquerrière à un arrachement préalable des poils. Ils emploient une solution d'acétate de thallium à deux p. cent et font des séances et des doses progressives de dix à vingt minutes et de cinq à dix milliampères.

Dix-huit à vingt séances sont parfois nécessaires. Chaque fois qu'il sera possible de le faire, nous préférerons encore l'épilation par la diathermo-coagulation.

Anesthésie cutanée. — L'anesthésie de la peau sous une épaisseur limitée peut être obtenue au moyen d'ionisation de substances anesthésiques (cocaïne, carbaïne), comme nous l'avons étudié plus haut. Elle peut servir aux applications de chirurgie cutanée.

La cocaïne étudiée par Lewis Jones et Laquerrière est combattue par Leduc ; la morphine et la stovaïne sont inutilisables ou dangereuses ; seule la carbaïne mérite de retenir l'attention. MM. Zimmern, Nicolleau, Arvanitaxis et Pecker l'emploient en solutions à cinq p. cent avec un courant de cinq milliampères pendant dix à vingt minutes. L'électrode doit être très petite car la distribution du courant a surtout lieu à sa périphérie. L'anesthésie dure huit

à dix minutes et permet les interventions de chirurgie cutanée ou d'électro-coagulation.

Urétrites chroniques et rétrécissements. — Le traitement de ces affections est différent suivant qu'il s'agit d'urétrites ou de rétrécissements. Dans le premier cas on utilise les propriétés bactéricides ou sclérolysantes de certains ions métalliques, mises à profit par quelques auteurs, en employant des béniqués en métal à ioniser qui servent d'électrodes, électrodes de zinc (Leduc), de cuivre ou d'argent, et qui sont reliées au pôle positif. Ce traitement donne des résultats inconstants.

Dans le second cas, on utilise l'action polaire de contact qui au pôle négatif provoque une escarre basique susceptible de détruire un rétrécissement. Cette méthode offre des dangers et on tend à l'abandonner, car elle est brutale et aveugle. On pratique actuellement la méthode de dilatation lente sous l'influence du courant continu, dans laquelle les phénomènes d'électrolyse sont très relatifs. Cette méthode sort du cadre de l'ionisation ; elle utilise en réalité les propriétés sédatives, anti-spasmodiques et analgésiques du courant continu.

Cystites. — Par contre, dans les cystites, Courtade (1) a mis au point une technique fort intéressante qui peut rendre les plus grands services et que l'on emploie journellement. C'est *l'ionisation transvésicale* pour laquelle on se sert de son électrode. C'est une sonde en caoutchouc, perforée tout du

1. Electrologie appliquée à l'urologie (Courtade).

long, traversée d'un bout à l'autre par un fil métallique et qui permet de faire passer le courant sans que la muqueuse vésicale soit en contact avec le métal. On peut ainsi avec cette électrode :

1° faire un lavage vésical ;

2° rajouter du liquide dans la vessie pendant l'intervention;

3° faire l'électrolyse de la solution introduite.

Avant une ionisation on vide la vessie, on procède à un lavage urétral puis vésical, avec de l'eau tiède stérilisée, et on introduit la sonde électrolytique. On place l'électrode inactive sur la région sous-ombilicale pendant une séance et sous le siège pendant la séance suivante pour varier les points de pénétration des ions. La muqueuse d'une vessie saine a un pouvoir absorbant à peu près nul, celle d'une vessie malade absorbe surtout aux points de localisation des lésions ce qui est un élément favorable. Il faut tenir compte du fait que les vessies malades ont une capacité très réduite, mais ce mode de traitement est généralement très bien toléré, et on voit souvent au cours de la séance la capacité vésicale augmenter. On fait passer une intensité variant entre trois et dix milliampères pendant dix à quinze minutes en débutant plus faiblement pour les premières séances. On fait une séance tous les deux jours. Le choix du médicament varie avec le genre de cystite que l'on doit traiter.

Les cystites aigues médicamenteuses ou infectieuses sont calmées par les ionisations de cocaïne. Les cystites tuberculeuses, blennorragiques, colibacillaires peuvent être traitées par l'ion salicyle (salicylate de soude à un p. cent) qui est assez puissamment analgésique, et plus tard, cauté-

risées au moyen de l'ion zinc (chlorure de zinc à un p. cent). Sur la névralgie vésicale on doit tenter au début le salicylate de soude et ne recourir qu'en dernier ressort à la cocaïne.

Notons que certaines névralgies vésicales cèdent à un simple traitement extérieur par la voie périnéo-sus-pubienne, avec l'ion salicyle.

Rectites. — Les ulcérations rectales de la dysenterie chronique sont traitées par Meyer et Bensaude au moyen d'ionisation au zinc, sous forme de lavements, en se servant de la sonde à lavement électrique. On traite pendant dix minutes avec une intensité de dix à quinze milliampères.

Rectite sténosante gonococcique. — Cette affection redoutable par sa gravité et sa rapidité d'évolution a été traitée par nous avec succès au moyen d'une technique mise au point par M. Rousseau. Il faut instituer le plus rapidement possible un traitement de dilatation par la diathermie, au moyen de bougies de calibre progressif, puis, dès que le calibre anorectal permet l'introduction d'une bougie de 12 à 14, faire des ionisations iodurées au moyen de tampons solidement fixés à une tige électrode en métal. Pendant plusieurs mois il y a lieu d'alterner ces traitements de diathermie et d'ionisation. Plus tard, on change l'électrolyte et l'on a recours au sulfate de zinc en solution à un p. deux cents. Il faut faire précéder l'ionisation au tampon d'un petit lavement au sulfate de zinc. Ce traitement doit être mené de pair avec un traitement antigonococcique intensif (injections de vaccin, lavages rectaux fréquents). Il est fort long, mais il ne faut pas l'abandonner trop tôt, car on perdrait en quel-

ques mois tout le bénéfice des premières séances. M. Rousseau recommande de contrôler les résultats à l'anuscope (les lésions étant souvent près de l'anus) et même, dès qu'il est possible de le faire, de détruire par l'électro-coagulation les bourgeons saignants. Au bout de quelques mois, il y a lieu de libérer les brides blanchâtres que l'on voit aisément, par de légères incisions perpendiculaires faites au couteau diathermique.

Affections oculaires. — Dans l'iritis chronique avec adhérences, dans la sclérite et l'épisclérite rhumatismales, Leduc a obtenu d'excellents résultats au moyen de l'ionisation au chlorure de sodium. Il place un tampon sur l'œil, la paupière étant close, et le relie au pôle positif. Il fait passer cinq à six milliampères pendant un quart d'heure. L'ion salicyle donne les mêmes résultats.

*L'ophtalmie des nouveau-nés* est traitée par Ramsden, par l'ionisation au zinc. Il en est de même de *l'ulcère de la cornée* (Lewis Jones, Traquard) où d'autres auteurs emploient l'iode avec succès.

Taylor, Marton, Collin et Wirtz ont obtenu des guérisons de *trachome* au moyen de zinc et de cuivre.

L'ion iode en solution étendue améliore la *cataracte*, les *taies*, les *cicatrices des paupières*, les *synéchies* et *exsudats pupillaires* et améliore les atrophies optiques. Le calcium pour les affections nerveuses de l'œil, et le zinc pour les dacryocystites sont encore employées avec succès. Toutes ces applications peuvent se faire soit au moyen de tampons, soit par des œillères électrodes dans lesquelles l'œil est au contact de l'électrolyte liquide (Electrode de Cantonnet).

Affections du nez et des oreilles. — Depuis Tripier on pratique fréquemment l'électrolyse de la trompe d'Eustache en cas de rétrécissement. Gauthier en 1892 préconisa le traitement de l'ozène par l'électrolyse de cuivre (métal nu).

Les sinusites maxillaires sont couramment traitées par les bains ioniques au zinc (auteurs anglais, Friel en particulier).

Les otites sèches naso-pharyngées ou cicatricielles avec bourdonnement sont souvent améliorées par des ionisations au chlorure de sodium (bains d'oreille et otoscope isolant, protégeant du contact métallique de l'électrode qui plonge dans le liquide. Les applications sont délicates car elles s'accompagnent de vertige voltaïque. Il faut ouvrir et fermer le circuit avec une extrême lenteur et passer un courant faible (2 à 5 milliampères). Par ce procédé on traite également les perforations du tympan avec otorrhée chronique. Elles sont très améliorées par l'ion zinc (bains ioniques).

Affections dentaires. — L'ionisation est utilisée depuis quelques années en odontologie, mais cette étude n'entre pas dans le cadre de notre ouvrage ; notons qu'une thèse récente l'étudie en détail (1) et qu'il faut en retenir une notion qui ouvre le champ en médecine à des expériences futures ; M. Bernard, par un procédé spécial de filtrage, envoie un courant (toujours de même sens) légèrement faradisant qui lui permet d'utiliser pour une affection déterminée une intensité beaucoup plus forte que ne le permettrait un courant non interrompu. Il est donc plus actif du point de vue dié-

lectrolytique. Par exemple sur les points où on ne passe avec un courant continu que 10 milliampères on arrive à une intensité de 16 avec ce courant spécial.

Affections générales. — A côté de tous ces traitements locaux, nous croyons qu'il serait possible de pratiquer plus souvent l'ionothérapie générale chez certains malades. Elle peut se réaliser au moyen de larges électrodes placées sur l'abdomen et le dos, ou sur les deux cuisses. Ce traitement ne fatigue pas, ne produit pas d'accoutumance et les doses presque homéopathiques qui pénètrent ne risquent pas de provoquer de phénomènes toxiques. Il faut employer des substances très diffusibles. Le salicylate chez les rhumatisants, l'iode chez les endocriniens, pourraient rendre de grands services. Le magnésium si employé depuis quelques années ne serait-il pas aussi, administré électrolytiquement, d'un grand secours pour les cachectiques dont l'estomac est intolérant, pour tous les débilités, et dans les cas où il y a lieu de craindre une métastase néoplasique (cancer du sein opéré, etc...) ou des récidives ? L'action du magnésium en effet, remise en honneur par M. Delbet n'est pas seulement spécifique des proliférations cellulaires, elle est importante par son électivité sur la cellule hépatique et par son rôle dans le métabolisme.

L'introduction dans le système vasculaire général avait d'ailleurs été essayée dans un autre but par M. Bourguignon. Il avait songé à faire pénétrer des médicaments dans la circulation, par voie buccale, intra-veineuse, intra-musculaire, et à faire ensuite une galvanisation du point pathologique qu'il voulait traiter, afin d'y fixer les ions thérapeu-

tiques du médicament circulant dans le sang et les vaisseaux lymphatiques.

Il abandonna ce procédé parce qu'il introduisait en même temps que ces ions, une quantité égale d'ions de signe contraire et il pensait que les deux groupes se neutralisaient.

## OBSERVATIONS

Les conceptions actuelles que nous avons relatées au cours de cet ouvrage étant postérieures aux observations que nous citons et qui proviennent des trois dernières années, nous pouvons considérer que quelques-unes des névrites dont les observations suivent ne sont peut-être que des myalgies.

### Névrites

Obs. III. — Mme R. B... Névrite du nerf sus scapulaire à la suite d'une injection de sérum anti-tétanique. Les douleurs sont surtout localisées dans la région deltoïdienne et la partie supérieure de l'omoplate. Elles disparaissent complètement après neuf séances d'ionisation à l'iodure de sodium faites tous les deux et trois jours.

Obs. IV. — Mme C... Névrite du bras gauche extrêmement violente consécutive à une phlébite double post-partum. Les douleurs ne cèdent à aucun traitement habituel. Elles surviennent par crises violentes. Traitement à l'ionisation salicylée. Au bout de cinq séances amélioration très légère seulement. On fait alors de l'ionisation iodurée et la malade guérit définitivement après la quatorzième séance.

Obs. V. — M. L. R... Névralgie sciatique datant de trois semaines, rebelle à tout traitement. La douleur n'est pas extrêmement violente mais elle est latente avec quelques exacerbations nocturnes et impotence fonctionnelle. Le malade est un rhumatisant. La crise aiguë passé en quelques jours, mais il y a persistance des douleurs. Quatre séances d'ionisation salicylée ont suffi à amener la guérison.

Obs. VI. — M. A. M... Très violente névralgie sciatique radiculaire soignée depuis deux ans et demi sans aucune amélioration. Quelques injections de lipiodol ont cependant fait obtenir une rémission. Nous voyons le malade déjà soulagé mais il se plaint de fourmillements, avec sensation de froid, et d'impotence fonctionnelle qui provoque une scoliose de compensation. Onze séances d'ionisation salicylée sont faites sur le trajet du nerf sciatique à différents points ; les deux premières applications avaient été faites sans résultat avec l'iodure. Guérison.

Obs. VII. — M. H... Malade ayant fait une paralysie faciale droite en 1925, guérie par des injections de lipiodol. Il se présente avec une névrite du bras gauche datant de un mois ; le lipiodol a été de nouveau tenté mais sans résultat. Le maximum de la douleur est à la base du cou dans la région sus-scapulaire et s'accompagne de rigidité faisant penser à la possibilité d'arthrite cervicale. Guérison après six séances de salicylate, de trente minutes, à doses fortes (30 à 45 milliampères).

Obs. VIII. — Mlle R. L... Névralgie de la région occipitale avec radiations temporales, probablement due à un choc violent sur la tête (accident d'automobile). Il est vraisemblable qu'il s'est produit une légère sub-luxation des vertèbres sous-occipitales, ou une poussée d'arthrite légère avec irritation des nerfs locaux (nerf d'Arnold, etc...). Sept séances d'ionisation salicylée ont raison de cette affection.

Obs. IX. — M. J. V... Ancien syphilitique mal soigné. Névrite du bras gauche ayant débuté il y a quinze jours. Douleurs dans la nuque très violentes avec irradiations tout le long du bras. En raison de l'ancienne spécificité nous tentons l'ionisation iodurée de préférence au salicylate, bien que le malade soit arthritique et goutteux. Les premières séances sont alternées avec la diathermie et le malade guérit à la treizième.

Ob. X. — M. A. D... Névralgie très intense du nerf maxillaire supérieur et du nerf facial, datant de trois semaines et rebelle à tout traitement. Quoique le malade soit envoyé avec prescription de son médecin « ionisation d'aconitine » nous débutons par l'iodure et le salicylate alternés, et la guérison est obtenue au bout de neuf séances.

## Myalgies

Ob. XI. — Mme P. N... Myalgie grippale avec point douloureux maximum para-vertébral au niveau de $D^1$, $C^6$, $C^7$. Irradiations dans le bras et le deltoïde mais la douleur est extrêmement diffuse surtout sur le deltoïde et les fibres hautes du trapèze. La malade est une glycosurique avec tension 17-12. Le diagnostic avec celui de névrite était discutable mais l'apparition brusque, les douleurs diffuses, l'état général très déprimé de la malade sub-fébrile nous font plutôt penser à une myalgie et nous faisons des applications larges antéro-postérieures sur tout le moignon de l'épaule et la région du cou avec une solution salicylée. La guérison est obtenue en quatre séances.

Obs. XII. — Mlle G. D... Névrite du bras droit avec douleurs musculaires accentuées pouvant être considérées comme une crampe professionnelle car la malade est pianiste. Début remontant à 3 mois. La malade ne peut même plus écrire. On a cliniquement tous les caractères d'une névrite, avec atrophie musculaire. L'ionisation à l'iodure est décidée. Entre la 4e et la 6e séance il y a une réaction avec augmentation des douleurs. Malgré tout, le traitement est poursuivi et intensifié. L'amélioration a commencé à se faire sentir à la 8e séance. Mais il en a fallu 21, (chacune faite tous les deux ou trois jours) pour obtenir la guérison complète qui a été contrôlée après deux ans.

Obs. XIII. — Mme A. B... Névralgie du nerf sous-occipital avec un point très violent à la partie haute de la suture occipito-pariétale. Les migraines sont extrêmement violentes avec irradiations dans toute la moitié de la tête. La malade ne supporte aucun médicament et a dû arrêter toute activité depuis très longtemps, son affection remontant à dix ans. Elle a essayé tous les traitements sans succès. Elle est envoyée par M. le Pr Vallery-Radot qui préconise des ionisations salicylées. Au bout de la 9e séance qui fut faite en appliquant une électrode à l'émergence du nerf sous-occipital, avec une intensité relativement faible, la malade est partie en vacances. Revue 5 mois, puis un an après, elle déclare avoir été littéralement guérie, ayant mené depuis la dernière séance jusqu'au 5e mois une existence absolument normale ; du 5e mois au 12e, elle s'est plainte

de migraines banales, calmées par un antispasmodique quelconque. Au bout de ce 12e mois, craignant une reprise des douleurs, car elle avait des points légèrement sensibles à la place de son ancienne lésion, elle nous demande de lui faire encore 5 séances après lesquelles elle est complètement guérie.

Obs. XIV. — Mlle V. H... Névrite du bras gauche ayant débuté il y a quatre jours. La malade aurait eu l'année précédente une douleur semblable. Le moignon de l'épaule et le creux sus-claviculaire sont douloureux. Irradiation dans la région du trapèze et du biceps.

Diathermie au début puis ionisation salicylée. A la huitième séance les progrès ne sont pas très sensibles. Nous faisons des ionisations salicylées. La malade est guérie après la 13e séance.

Obs. XV. — M. M. P... (Guitariste). Crampe musculaire douloureuse du long supinateur droit et des muscles sous-jacents avec gêne dans les mouvements. Le malade est un virtuose connu et son affection constitue une véritable infirmité. Nous faisons deux séances de diathermie et 5 d'ionisation iodurée. Nous obtenons une guérison complète.

Obs. XVI. — M. M. U... Douleur localisée au moignon de l'épaule et au trapèze. Irradiation cervico-brachiale. Douleur surtout diurne ne cédant à rien. Apparition relativement récente : 2 mois environ. 4 séances d'ionisation iodée. Guérison.

Obs. XVII. — M. D... Lumbago rhumatismal rebelle datant de plusieurs jours accentué par l'effort. Le malade est un rhumatisant, il présente d'autre part une rétraction de l'aponévrose palmaire. On fait 3 séances d'ionisation salicylée sur la région lombo-sacrée. Le malade a dû quitter Paris, mais il a accusé une amélioration très nette dès la seconde séance.

## Arthrites

Obs. XVIII. — Mme P... Arthrite sub-aiguë de l'épaule avec ankylose partielle. Douleurs sur les trajets nerveux du moignon de l'épaule et du bras. La colonne cervicale est normale à la radiographie. La malade est âgée et rhumatisante. La guérison complète est obtenue après 20 séances d'ionisation salicylée.

Obs. XIX. — Mme de B... A la suite d'un accident d'automobile la malade a fait un hématome dans la région du cou et quelques jours plus tard s'est installée une douleur cervico occipitale gauche, rétro-mastoïdienne. La malade souffre la nuit, avec de très violentes irradiations dans les yeux, surtout après un effort. Le diagnostic vraisemblable est celui d'arthrite légère cervicale traumatique. On fait une ionisation salicylée sur les régions rétro-mastoïdiennes et pendant quelques séances on place les électrodes sur la région sus-orbitaire gauche et la mastoïde de l'autre côté. A la 7e séance la malade doit quitter la France, mais elle est très améliorée et nous a écrit un mois après qu'elle a guéri sans autre traitement.

Obs. XX. — M. S. de B. P... Arthrite aiguë de l'épaule gauche avec immobilisation complète. Douleurs atroces, gonflement péri-articulaire, état subfébrile, fonte musculaire très accentuée. Pendant deux jours nous pratiquons la diathermie à doses faibles et le troisième jour nous commençons l'ionisation salicylée quotidienne. Les phénomènes se sont réellement amendés dès la 7e séance, à partir de laquelle on fait des applications tous les deux jours. Après la 11e séance la malade très améliorée part en voyage, ne souffre plus, commence à mobiliser son bras et le gonflement péri articulaire a complètement disparu. Nous la revoyons un mois après, guérie sans aucune rechute.

Obs. XXI. — Mme M. G... Rhumatisme sacro-iliaque droit datant de quinze jours. Malade rhumatisante. La douleur est nettement localisée sans irradiations dans la jambe, nous permettant de pratiquer une ionisation abdomino-lombaire au salicylate. Guérison complète au bout de 10 séances.

Obs. XXII. — Mme S... Malade venue pour des applications de diathermie sur la région gastrique, et qui se plaint d'arthrites chroniques des deux genoux ; elle nous demande de la traiter simultanément. 15 ionisations sont faites sur les deux genoux, chaque genou pris isolément. La malade a été très améliorée.

Obs. XXIII. — Mme M... Arthrite temporo-maxillaire chronique qui s'est manifestée il y a plusieurs années par quelques craquements et une limitation assez étendue des mouvements. La malade souffre peu. Un premier essai de traitement a été fait d'une joue à l'autre, mais nous avons recours au traitement de quelques séances par la

méthode interne dont nous avons parlé plus haut, et la malade a été très améliorée. Nous avons fait 2 séries de 10 séances avec un intervalle de trois mois de repos. L'amélioration a permis l'introduction d'un appareil prothétique qu'il était impossible de placer avant le traitement, à cause de la limitation des mouvements de la mâchoire.

Obs. XXIV. — M. P. D... Arthropathie chronique ankylosante légère des deux articulations tibio-tarsiennes plus accentuée à gauche, chez un malade ayant eu autrefois du rhumatisme blennorrhagique. Les phénomènes datent de trois ans, avec des périodes de rémission et d'exacerbation. Pas de lésions à la radiographie. Il existe surtout une gêne dans les mouvements. On traite alternativement au salicylate les deux pieds du malade ; 16 séances l'améliorent très sensiblement. Il parachève son traitement par une cure hydro-minérale et guérit complètement.

## Séquelles d'arthrite traumatique

Obs. XXV. — M. G. B... Grosse fracture ouverte de l'extrémité inférieure de l'humérus datant de un an et demi ayant déterminé une importante limitation des mouvements. L'angle du coude était à peine de 110°. Pendant treize mois le malade a fait des massages et de la mécanothérapie sans aucun résultat. Craignant une butée osseuse postérieure nous faisons pratiquer une radiographie qui ne montre qu'un léger ostéophyte coïncant l'articulation seulement dans la flexion.

Estimant l'extension possible nous obtenons à la 18e séance en faisant de la mobilisation prudente après chaque traitement, une angulation d'environ 170°.

Obs. XXVI. — M. K. S... Fracture fermée de l'épitrochlée gauche datant de cinq semaines. Il n'y a pas de douleurs mais une limitation de l'extension et de la flexion. L'angulation du bras sur l'avant-bras est d'environ 130°. Nous soumettons le malade au même traitement que le précédent et, la lésion étant récente et grave nous obtenons en un mois et demi après 11 séances une angulation de 180°.

## Cicatrices vicieuses

Obs. XXVII. — Mme L... Brûlure très étendue de la partie antérieure du cou. La malade appartenant à une famille médicale, portait un plateau avec du liquide de Mencières qui s'est enflammé. Brûlure extrêmement étendue ayant suppuré pendant très longtemps et déterminé après cicatrisation une rétraction des plans superficiels du cou et des douleurs très pénibles et continues. La cicatrice se présente sous l'aspect d'une énorme tache irrégulièrement colorée couverte d'un réseau de tissus cicatriciels d'aspect chéloïdien ressemblant aux mailles d'un filet. La palpation de chacun de ces cordons réveille une douleur diffuse ; les mouvements du cou sont complètement bridés. Nous préconisons des ionisations iodurées que la malade accepte de faire consciensement chez elle. Néanmoins nous estimons utile de faire 5 séances de diathermie avant de commencer le traitement. Pendant trois mois la malade fit 60 séances d'ionisation iodurée de 30 minutes, avec une batterie Zimmern en passant une intensité moyenne et en traitant alternativement à chaque séance tantôt le côté droit, tantôt le côté gauche de sa large cicatrice. Les douleurs disparurent complètement vers la 8e séance. Nous ne revîmes la malade que six mois après le début du traitement c'est-à-dire après un repos de trois mois. Le cou était complètement libre, les mouvements d'extension de la tête absolument normaux. Il n'y a plus actuellement de douleur ni spontanée ni provoquée. Le réseau de cordons indurés et rouges a fait place à des cicatrices blanchâtres filiformes. La peau est souple sur les plans sous-jacents. Il ne persiste qu'une pigmentation irrégulière.

Obs. XXVIII. — M. L... Cicatrice sus-orbitaire remontant obliquement sur la région temporo-pariétale. Neuf centimètres et demi en tout. Le sourcil forme un bourrelet externe, la cicatrice est dure, rouge, mais peu adhérente. Il y a une paralysie du releveur du sourcil. 23 séances d'ionisation iodurée alternées avec diathermie déterminent une grosse amélioration ; la cicatrice temporale est presque invisible et décolorée. La sensibilité et la motricité des muscles sont redevenues normales. L'œdème de la paupière a disparu. Il n'existe plus qu'une légère chute de la peau qui nécessitera plus tard une intervention esthétique.

Obs. XXIX. — Mme B... Kyste de la mâchoire opéré. Cicatrice

de deux centimètres et demi, blanche, linéaire mais indurée et adhérente, formant une petite dépression en cul-de-poule. 4 séances l'ionisation au sodium. Un mois après la guérison est absolue : la cicatrice est souple, la dépression est presque inexistante et la coloration est redevenue normale.

## Cystite

Obs. XXX. — M^lle C... 22 ans. Cystite à colibacilles rebelles, datant de l'âge de sept ans, traitée par les vaccins sans résultat. Hématurie, pollakiurie intense (plus de 100 mictions par 24 heures) capacité vésicale presque nulle, douleurs violentes. La malade subit à 20 ans une section du nerf pré-sacré ne donnant aucun résultat. La malade nous est envoyée avec le diagnostic de névralgie vésicale l'élément infectieux ayant complètement disparu. Traitée au début par la diathermie puis par l'ionisation salicylée (méthode de Courtade) tous les cinq jours. Au bout de six séances la malade est obligée de partir. Revue trois mois après, elle a déclaré qu'elle s'était sentie très améliorée depuis la dernière séance et que, malgré des mictions plus fréquentes que normalement, elle se considérait comme presque guérie.

*Remarques.* — Ces 30 observations ont été choisies parmi 77 cas. Les uns ont été traités par l'ionisation pure (58 cas), les autres par la Diathermie et l'Ionisation combinées (18 cas) le dernier par la Diathermo-Ionisation.

Nous éliminerons de ce total 9 cas qui nont pu être contrôlés du fait que 3 malades n'ont pas poursuivi le traitement et 6 ne nous ont pas tenus au courant des résultats.

Il reste donc 68 cas dont nous avons connu l'évolution et dans lesquels nous relevons :

| Diagnostic | Siège | Nombre | Succès | Insuccès |
|---|---|---|---|---|
| Arthrites chroniques ou subaiguës | Hanche | 2 | 1 | 1 |
| | Genoux | 9 | 7 | 2 |
| | Poignets | 2 | 0 | 2 |
| | Epaules | 2 | 2 | 0 |
| | Pieds | 2 | 2 | 0 |
| | Sacro-iliaque | 1 | 1 | 0 |
| | Vertèbres cervicales. | 3 | 2 | 1 |
| Arthrites aiguës | Rhum. polyarticul. | 3 | 2 | 1 |
| | Epaules | 1 | 1 | 0 |
| Névrites | Cervico-brachiales | 17 | 14 | 3 |
| | Sciatiques | 3 | 3 | 3 |
| | V[e] et VII[e] paires | 6 | 4 | 2 |
| Myalgies | Diverses | 7 | 6 | 1 |
| Cicatrisations | Diverses | 4 | 3 | 1 |
| Aff. oculaires | Taie cicatr. après iridectomie | 1 | 0 | 1 |
| Séquelles articul. post.-opératoires | | 3 | 3 | 0 |
| Cystites | | 1 | 1 | 0 |

Ceci fait au total 53 succès pour 15 échecs.

Or, parmi ces échecs, nous avons compté :

*a*) Un cas désespéré. Cicatrice douloureuse après ablation de sein chez une malade qui commençait une récidive pulmonaire.

*b*) Deux cas de malades nerveux ayant interrompu volontairement un traitement parce qu'il n'avait pas agi dès la 5[e] ou 6[e] séance.

# CONCLUSIONS

L'étude de l'ionisation étant encore très récente, il est certain que, dans les années à venir, des physiciens essaieront d'éclaircir quelques problèmes théoriques obscurs, comme celui du dosage des ions et de leur trajet dans l'organisme, et celui de la polarisation. Mais, du point de vue pratique, l'application de cette méthode commence à être vraiment au point, à en juger par les résultats obtenus.

Nous avons à peu près passé en revue tout ce qui concerne l'ionisation, en laissant une large part aux applications thérapeutiques, au détriment de la partie physique. Au cours de cette étude nous avons mis en valeur quelques idées qui nous ont paru nouvelles. Mais nous nous excusons d'avance si, parmi celles-ci, tel ou tel auteur reconnaissait une idée qu'il croit lui appartenir. L'ionisation est, comme toute science jeune, à l'ordre du jour, et de nombreux ouvrages où il en est question peuvent paraître tant en France qu'à l'étranger, sans que leur contenu puisse être parvenu à notre connaissance. C'est seulement d'après la bibliographie que nous publions que nous pouvons tirer nos conclusions personnelles.

Elles sont de deux ordres, les unes théoriques, les autres pratiques. Sur les premières nous serons brefs, puisque, d'une part, nous sommes en pleine hypothèse, et que, d'autre part,

nous avouons notre compétence très relative en matière de physico-chimie. Sur les secondes nous nous étendrons plus longuement. Elles seules intéressent le médecin et nous croyons utile d'apporter à la pratique de l'ionisation les résultats de nos travaux.

## Conclusions théoriques.

I. Quoiqu'il soit difficile de lutter contre l'habitude, nous estimons avec Delherm et Laquerrière que le terme « d'Ionisation » est impropre. Mais, à l'appellation « d'Ionothérapie électrique » proposée par ces auteurs nous préférerions celle de « Diélectrolyse » qui semble plus appropriée.

II. Au cours d'une application bien faite, la pénétration des ions peut en partie se faire par la peau humidifiée. Les orifices glandulaires ne sont pas les seuls lieux de passage.

III. Les phénomènes de polarisation ne se produisent pas forcément dans l'intimité des tissus ; peut-être n'ont-ils lieu qu'au niveau des électrodes. Dans le premier cas nous pouvons émettre l'hypothèse que les ondes ioniques peuvent se réfléchir comme les ondes de l'eau contre une enceinte et qu'il se produit au point de rencontre de véritables interférences, points morts qui retardent le phénomène. Pratiquement il en résulterait qu'il serait favorable à la fixation des ions dans l'organisme, d'avoir recours à l'un ou à l'autre de ces procédés : fractionner le courant par des arrêts réguliers (Ionisation rythmée) ou renverser le courant pendant quelques secondes à la fin d'une application.

IV. Il faut ne réserver le terme d'ionisation trans-cérébrale qu'à l'ionisation par les fontanelles, celle qui se pratique

par la voie orbito-occipitale est anatomiquement l'ionisation *trans-isthmique*.

V. L'explication théorique du mode d'action de l'ionisation dans les algies n'est pas en contradiction avec les données pathogéniques toutes récentes (myalgies en grande majorité). La sédation des douleurs serait due alors :

*a*) à la diminution du spasme et des contractures sous l'influence du courant galvanique (pôle +).

*b*) à l'hydratation des tissus et des dépôts acides sous l'influence de la cataphorèse avec élimination progressive des toxines.

*c*) à la fixation des ions alcalins médicamenteux sur les ions acides pathologiques et à leur neutralisation.

## Conclusions pratiques.

I. Il est indispensable de ne traiter les cas qui se présentent qu'après avoir établi un diagnostic très précis qui guidera non seulement sur le choix des médicaments, mais encore sur la place des électrodes. La radiographie sera pratiquée, chaque fois qu'il sera possible de le faire, pour dépister des lésions ostéo-articulaires inaperçues sur lesquelles seront placées de préférence les électrodes.

II. Le praticien devra avant tout faire œuvre de médecin en tenant compte de l'interrogatoire fréquent du malade. Ceci a de l'importance surtout au début du traitement où l'on peut être mis en demeure de modifier une application soit en l'associant à la diathermie, soit en changeant l'électrolyte ou la place des électrodes.

III. L'action polaire des électrodes a une grande impor-

tance pratique. Elle doit de plus en plus, être prise en considération; nous ferons sur ce sujet les 3 remarques suivantes:

*a*) l'électrode positive étant d'un effet plus sédatif que l'électrode négative, il est possible, dans tous les cas, de rechercher son action en la plaçant sur la partie malade. Si l'électrolyte est un anion cette manœuvre est indiscutable (calcium). Si l'électrolyte est un cathion (iodure, salicylate), rien ne s'oppose à ce que l'électrode active (négative) soit placée plus loin de la lésion puisque la traversée ionique est certaine (expérience du bleuissement de l'amidon). Nos résultats thérapeutiques concordent avec cette hypothèse.

*b*) Chaque fois qu'il y aura lieu de pratiquer une ionisation sur une région tuméfiée ou œdématiée, on appliquera de préférence l'électrode positive pour utiliser le phénomène de la cataphorèse (assèchement du pôle positif). Mais il faudra dans ce cas faire des séances longues (30 à 40 minutes).

*c*) Inversement et pour les mêmes raisons on placera l'électrode négative sur les brides, les tissus rétractiles, durs et sclérosés.

*d*) L'application des électrodes humides sur les muqueuses est facile et recommandable dans certains cas, sous forme de tampons. Cependant dans la bouche on ne placera que l'électrode neutre.

IV. Nous recommandons la plus grande prudence dans l'emploi de l'aconitine. Le cas dont nous relatons l'histoire nous paraît utile à citer, puisqu'il s'agissait d'un adulte parfaitement sain, et de doses plus faibles encore que les doses classiques. Nous ne l'emploierons donc qu'en désespoir de cause et après avoir prévenu le malade ou son entourage des risques à courir.

V. Nous préconisons l'essai des traitements généraux par de larges électrodes imprégnées de solutions médicamenteuses : calcium, magnésium, etc... Ce mode d'introduction peut suppléer aux autres modes dans un certain nombre de cas.

VI. Enfin, les résultats de notre statistique sont les suivantes : sur 68 cas traités, 53 ont guéri et 15 ont échoué, soit :

78 % de guérison ;

22 % d'échec.

En outre nous avons établi, sur les 30 observations de cet ouvrage une moyenne d'après le nombre de séances. En comptant les reprises de traitement nous arrivons au chiffre intéressant de 12 séances par malade guéri, et d'environ 2 à 3 séances par semaine. Nous pouvons donc affirmer que l'ionisation, la diélectrolyse, est une méthode excellente à condition qu'elle soit limitée aux cas seuls sur lesquels elle peut agir.

Vu : le Président de la thèse,
LEGUEU.

Pour le Doyen,
Le Professeur délégué,
GRUMPT.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris,
Pour le Recteur,
l'Inspecteur d'Académie,
MAURELLET.

# BIBLIOGRAPHIE


Abelous et Aloy. — Ionisation mécanique (Acad. des Sciences, 2 juin 1919).

Adam. — La cataphorèse (*Pacific. Méd., J.* 1898)

Adamkiewicz. — Neurologische Centralblatt, Paschkis und Wagner (1887) (*Deutsche medicinische Wochenschrift*, 1887).

Albrand. — Mitteilungen über die therapeutische Anwendung der Ionophorèse (*Ztsch. f. phys. u. diät. Therap.* Leipzig, 1907-1908).

Allaire (G.). — Traitement du rhumatisme par la cataphorèse salicylée (*Gazette médicale de Nantes*, 7 avril 1900).

Ambard (L.) et Mayer (A.). — La théorie des ions et ses applications en biologie (Revue générale). *Semaine Médicale*, 30 août 1905.

Anacleto (Romano). — Sur la valeur de la cataphorèse médicamenteuse dans l'hypertrophie thyroïdienne (Analyse dans *Arch d'élect. méd.*, Gl. 1901.).

Apostoli. — Electrothérapie Gynécologique, 1902.

Aristide (S.). — Valoarea terapeutica a ionotérapiei, 1910.

Aubert. — L'électricité et l'absorption cutanée (*Lyon Médical*, 4, 11, 18 sept. 1892).

Bailey. — *British Médical Journal*, 27 août 1910.

Bailleul et Girard. — Sur la polarisation du tissu cicatriciel et le traitement électrique des cicatrices profondes (*Comptes rendus Ac. des Sc.*, 30 oct. 1916).

Bardet. — Traité d'électricité médicale, 1884.

— Recherches sur l'électrolyse et le transfert des médicaments à travers l'organisme par le courant électrique (*Bulletin général de thérapeutique*, 1885).

Beer. — Electrolytische Ioddurchleitung (*Schmidt's Jahrbücher*, 1871).

Bergonie et Roques. — L'électrolyse des salicylates comme moyen de pénétration de l'ion salicylique en thérapeutique locale (*Archives d'élec. méd.*, 15 avril 1903).

Boll et Salomon. — Introduction à la Théorie des Quanta, 1928.

Bordier. — Confirmation de la théorie du transport des ions à travers les tissus (Congrès de l'A. F. A. S. et *Arch. d'élect. méd.*, 1900).

— Sur le choix du métal à employer pour les électrodes (*Arch. d'électr. méd.*, 1901).

Bordier et Rough. — Expériences sur les phénomènes d'entraînement et le transport des ions par l'électricité statique (Congrès de l'A. F. A. S. Cherbourg. *Arch. d'élect. méd.*, 25 janv. 1906).

Bordoni. — Le ionizzazioni medicamentose con le doppie correnti (*Idrol. e climat.* Firenze, 1913).

Bourguignon. — Pathogénie et électrophysiologie des myopathies (*Arch. d'él. méd. expérimentale et clinique*, 10 juillet 1905).

— La contraction galvanotonique dans la Réaction de dégénérescence (*Bulletin de la Société franç. d'électr.*, juin 1913).

Bourguignon et Chiray. — Ionisation dans le traitement des cicatrices adhérentes simples ou compliquées de contractures des membres (*Presse médicale*, 3 août 1916).

— Libération des adhérences par ionisation d'iodure de potassium (*Bulletin de la Soc. méd. des Hôpitaux*, 26 oct. 1916).

— Action parallèle du traitement galvanique localisé au siège de la blessure, sur la libération des cicatrices adhérentes et sur la régression des troubles moteurs dans le domaine des nerfs sous-jacents (Galvanisation locale par l'électrode négative imbibée d'une solution de Kl.) (*Bulletin de la Soc. méd. des Hôpitaux*, 23 fév. 1917).

Bourguignon et Conduche. — Expériences sur l'introduction de l'ion iode par électrolyse chez l'homme,et son élimination par les urines (*Compte rendu Ac. des Sc.*, 29 mai 1922).

Bourguignon. — Ionisation d'iodure de potassium. Traitement des cicatrices adhérentes et des nerfs englobés (*Rev. de Neurol.*, 1923, t. I.)

— Dosage de l'iode introduit par ionisation (*Rev. de rad. et d'Electr.*, mai 1923).

— L'ionisation ou électrolyse médicamenteuse ou diélectrolyse d'iode et de calcium (*Journ. de Méd. et de Chir. prat.*, nov. 1928).

— Nouvelles techniques d'introduction électrolytique d'ions. La Diélectrolyse ou Ionisation d'iode et de calcium (*Revue d'Actinologie et de Physiothérapie*, mars-avril 1929).

Boyd. — Adress : ionization or cataphorèse (*Med. Mag. Lond.*, 1912)

Brillouet (Raymond). — Etude physique et thérapeutique des ions et particulièrement de l'ion iode (*Thèse de Paris*, 1907).

Brocq. — Dermatologie pratique (*Précis-Atlas de Dermatologie pratique*, 1922).

Broglie (de) (Maurice et Louis). — Introduction à la physique des rayons X et des rayons, 1923.

Brondel. — Diélectrolyse (*Gazette des Hôpitaux*, 24 sept. 1885 ; *Bulletin général de thérapeutique*).

Brosch. — Die Bedeutùng der Ionen Wertigkeit für die Therapie (*Ztsch. f. Balnéol. Klimat.* Berlin, 1912).

Brücker Mendel. — Contribution à l'étude des applications thérap. des ions (*Thèse de Paris*, 1917).

Brückner (A.). — Ueber die Einführung des iodes vermittelt électrische Ströme (*Berliner Klinische Wochenschrift*).

Bruneau de Laborie. — Contribution à l'étude de l'ionisation (*Clinique*, 1908).

Bruns. — (*Galvano-Chirurgie*, Tübingen, 1870.

Budingen. — Ueber Katalytische Wirkungen des galvanischen Stromes bei Circulations (*Deutsch. med. Wochens*, t. XXV, 1899).

Cagney (de Londres). — Harveian Society, 7 nov. 1889.

Campbell. — Ionic Médication (*British. M. J.*, London, 1923).

Cantineau. — L'ionisation et ses applications (*Journal médical de Brux*, 1909).

Cantonnet. — Ionisation de l'œil.

Cassman. — Le traitement des cicatrices par le courant continu (*Arch. d'Elect. méd.*, 15 nov. 1903).

Charpentier. — Sur le transport électrolytique de certains ions dans la gélatine (*Comptes rendus, de l'Académie des Sciences*, 29 juin 1907).

Chassary. — La théorie des ions et l'électrolyse médicamenteuse (*Th. Montpellier*, 1909).

Chauvet (de Royat) — Traitement du rhumatisme et de la goutte par les bains hydro-électriques (*Arch. d'Elect. méd.*).

Cirera-Salse. — Les Ions et l'électrolyse médicamenteuse (*Annales d'Electrobiologie et de Radiologie*, 1913).

Coming. — *New-York médical Journal*, 1886.

Courtade (Denis). — Electrothérapie appliquée à l'urologie.

Cumberlach (E.-P.). — Ionic médication (*Clin. J.*, 1913).

Darier. — *Précis de Dermatologie*, 1928.

Dawson Turner. — *British médical Journal* 4 avril 1908.

DELHERM (L.). — Notions élémentaires sur l'ionisation. (*Arch. gén. d'Hydrol.* 1907).

— *Arch. des maladies de l'appareil digestif*, septembre 1909.

— L'ionisation de l'azotate d'aconitine dans le traitement des névralgies (*Bulletin de la Société d'Elect.*, octobre 1920).

— Ionisation d'azotate d'aconitine. Traitement des névralgies (*Rev. de Neurol.*, 1926, t. I).

DELHERM et LA VUERRIÈRE. — L'ionothérapie électrique, 1925.

DERMIS (C. E.). — Ionic medication (*Med. J. Australia*, Sydney, 1915).

DESFOSSES (P.) et MARTINET. — Technique de la thérapeutique ionique (*Presse médicale*, 2 janvier 1907).

— Sclérolyse ionique (*Presse médicale*, 20 avril 1907)

— L'ion salicylique (*Presse médicale*, 20 avril 1907).

DESPLATS. — *Annales d'Electrobiologie*, 1907.

— Deux méthodes thérapeutiques des névralgies, la radiothérapie et l'ionothérapie électrolytique (*Journ. des Sc. méd. de Lille*, juillet 1928).

DESTOT (E.). — De la cataphorèse électrique ; ses applications thérapeutiques (Congrès de médecine de Lyon et *Lyon médical*, n° 380).

DOUGLAS, HARMAR et JUST. — Traitement du lupus par l'iodure de sodium et l'ionisation (*Royal Spc. of Med*, 13 nov. 1920).

DOUMER. — Théorie des Ions (*Annales d'électrobiologie*, mars 1907).

DOYLE (A. A.). — Trans. Austral. Med. Congress., 1908.

— Ionic medication, its extensed application (Australas. M. Congr. Fr. Victoria, 1909).

DREVON. — Contribution à l'étude de l'ionothérapie par l'aconitine (*Bulletin de la Soc. d'Electrothérapie*, mai 1922).

DUBOST (J.). — Bases physiques de la radiothérapie, 1928.

DUHEM et DUBOST. — L'ionisation et ses applications médicales, 1930.

DUJARDIN-BEAUMETZ. — Diélectrolyse. Expériences négatives (*Gaz. des Hôpitaux*, 1er octobre 1885).

EDISON. — Application of électrical endosmose to the treatment of gouty concretion (Congrès de Berlin, août 1890).

EHRMANN. — *Wiener méd. Wochenschrift*, novembre 1889.

EISELT (R.). — Erfolge der Anionothérapie und Stoffwechselüngen wâhrend derselben (*Klin. therap. Wochensch* Berlin, 1913.

ELLIS (L. E.). — Ionic medication. *South. African. M. Rev.* Cape Town. 1913.

— *Med. J. S. Africa*. Johannesb., 1914 ; *Arch. Roentgen-Ray.*, Lond., 1914-1915.

Eusch. — Electrolyse et cataphorèse (*Arch. d'élect. méd.*, 15 octobre-15 novembre 1903).

Erb (d'Heidelberg). — Traité d'électrothérapie, 1884.

Euzière, Lamarque et Viallefont. — Deux cas de névralgies faciales traitées et guéries par l'ionisation d'azotate d'Aconitine (*Soc. des Sc. Méd. et biol. de Montpellier*, janvier 1928).

Fabre-Palaprat. — *Archives gén. de Méd. Paris*, 1833.

Failla (G.). — Ionisation measuremments, 1923.

Fenwick. — *British Médical Journal*, 15 août 1908.

Fere (Ch.) et Tixier. — Etude sur la durée de l'élimination rénale de KI (*Comptes rendus de la Soc. de Biologie*, 1906).

Fieber. — Neue Vers. ueber die Ioddurchleitung mittelst d. galvanisch. Stromes (*Wien. allg. Zeit.*, nº 21-25, 1870).

Finzi (N. S.). — Medical Ionisation : its uses and possibilities (*The Lancet*, London, 1909).

— Some experiments with ionic medic .(*M. Rev.*, Cape Town, 1913).

Fockenberghe. — De l'introduction électrolytique de l'ion salicyle dans le traitement local des arthrites rhumatismales (*Thèse de Bordeaux*, 1903).

Foerster et Erich Müller. — Contribution à la théorie de l'électrolyse des solutions de chlorures alcalins (*Zeitschrift. f. Electrochimie*, t. IX), 26 février et 5 mars 1903. Analyse dans les *Arch. d'Elect. méd.*, 15 juillet 1903).

Forestier. — L'énergie rayonnante, 1926.

Foveau de Courmelles. — Communication à l'Institut, 24 novembre 1890 ; 18 janvier 1891.

— Osmose et Biélectrolyse, 1899.

— Sur la Biélectrolyse (Congrès international de médecine), 1900.

— Electrophysiologie, 1909.

Fradin. — De la résistance électrique du corps humain (*Thèse de Paris*, 1906).

Frankenhaüser (Fritz). — Die Zeitung der Elektricität im lebenden Gewebe (Berlin, Hirschwald), 1898.

— Die Electrochimie als medicinische Wissenschaft (*Zeitschrift für Electroth.*, 1899).

— Verlaüfige Mittheilüngen über ein neues Verfahren zú langdauernder Anwendung starker galvanischen Ströme (*Berlin. Klin. Wochensch.*, nr 34, 1899).

— Ueber die chemischen Wirkùng n des galvanischen Strömes aùf die Haùt und ihre Bedeutùng für die Electrotherapie (*Zeitschrift für Electrotherapie*, 1900.)

— Die pratische Verwertùng der électrochemischèn Erscheinùngen für die Balneotherapie (*Vertrag gehalten aùf der Versammlùng der balneologischen Gesellschaft zù Frankfùrt a. M.*, 1900).

— Thérapeutique électrochimique (*Deutsch. med. Zeitsch.*, 3 juin 1901 ; anal. in *Revue de thérapeutique*, 15 sept. 1901).

— Sur l'état actuel de l'ionophorèse (*Arsch. d'Elect. med.*, Bordeaux, 1913).

Friel. — Electric.-ionisation

Fubini (Simon) et Pierini (P.) (de Pise). — Sur la cataphorèse électrique (*Arch. d'élect. méd.*, 1898).

Garel (de Lyon). — *Province Médicale*, 1889.

Gartner et Ehrmann (S.). — Wiener Klinische Wochenschrift, 1889.

Gartner (G.). — Wiener Klinische Wochenschrift, 1893.

Gilles. — Absorption diadermique des médicaments (*Arch. d'élect. méd.*, 1898).

Godlewsky (E.). — Ionisation médicamenteuse (*Bull. et Mém. Soc. de méd. de Vaucluse*, Avignon, 1913).

Gonzales Quijano-Sanchez. — La théorie des ions en électricité médicale (*Thèse de Paris*, 15 mai 1902).

Grabbey (P.). — Die Bedeutung der Ionen, als therapeutische und climatische faktoren (*Med. Klin.* Berlin, 1913).

Graham Little. — *British Medical Journal*, 7 janvier 1911.

Granger (A.). — Cas de cancer traités par la cataphorèse mercurielle (*New-Orléans Med. and Surg.*, août 1904 ; *Revue de thérapeutique*, 1er septembre 1904. *Arch. d'Elect. méd.*, 25 décembre 1904).

Griesbach. — Ueber Wesen Und Bedeutung der Kataphorese (*Deutsch med. Wochensch.*, 1898).

Guilleminot (H.). — Electricité médicale. Travail du laboratoire du Prof. Bouchard. Paris, 1905.

Guilloz (Th.). — Traitement électrique de la goutte (*Arch. d'Elect. méd.*, 1899).

— Sur l'électrolyse et la galvanocaustie (IIe Congrès internat. d'électrologie et de radiologie méd. Berne, septembre 1902 ; publié in *Arch. d'Electr. méd.*).

— Sur le traitement électrique de la maladie de Basedow (Introduction de l'ion iode. *Arch. d'Electr. méd.*, 1903).

Handowsky. — Das Ionenproblem (*Deutsch. Med. Wochensch.*, 1923).

Haret. — *Bulletin officiel de la Soc. d'Electr.*, 1911.

Harris et Newmann. — *Revue internationale d'électrothérapie*, 1891.

Hassenstein. — Chemische electrische Heil-methode. Leipzig, 1853.

Heiazan. — Ueber die Ionenwirkung auf die Leberfunktion (*Biochem. Zeitsch.*, 1925).

Herzog. — *Munchenes med. Woshensch.*, 1886.

Heyderhall. — Ueber die electrische Lithion Behanslung (*Analyse in Zeitsch. für Electroth.*), 1899.

Hirsch et Oppenheimer. — Konnen Ca; durch Sr. ionen ersetztwerden (*Klin. Woch.*, 1925).

Hoffmann. — *Neurologische Centrablalt*, 1888.

Hovelacque. — Anatomie des Nerfs Craniens, 1927.

Huet et Bourguignon. — La contraction galvanotonique durable et non durable dans la myopathie, la maladie de Thomsen et la dégénérescence (17e Congrès Int. de Méd. de Londres, août 1913).

Hugo (D. de V.). — Ionic Medic (*South African. M. Rec.*, Cape Town, 1913).

— Ionic Medic. (*Med. J. S. Africa*, Johannesburg, 1914-1915).

Hunter et Guire (M.). — Traitement cataphorétique du goitre et de l'orchite chronique par l'iode (*Revue Intern. d'Electroth.*, 1894).

Imbert de la Touche. — Traitement de la goutte par la cataphorèse (*Rev. intern. électroth.*, 1891).

Iskonesco' (H.) et Matza (H.). — Sur la pénétration ionique d'électrolytes à travers les sels colloïdes (*Comptes rendus de la Soc. de Biologie*, 8 février, 1907, *Archiv. d'élect. méd.*, 10 juin 1907).

Izard — Ionic Medication. N. Zeeland. (*M. J. Wellington*, 1910).

Jaeger et Halversteedler. — Ueber die Kleine Ionisation Kammer (*Zeitschr. f. d. ges. Phys. Therap.*, 1924-1925).

Jean. — Un cas de sclérodermie traité par l'ionisation d'iodure de potassium (*Bull. off. soc. franç. d'Electroth.*, décembre 1923).

Joltrois (Mlle). — L'Ionisation en thérapeutique oculaire (*Thèse Paris*, 1923).

Jones (H. L.). — The principales of ionic medication (*Mod. Med. Battlebreek, Mich.*, 1908).

— Les principes de la médication ionique (*Arch. d'Elect. méd.* Bordeaux, 1910).

— Discussion on ionic med. and the theory of ions (*Brit. M. J. Lond.*, 1911).

— Ionic med. (*Arch. Roentg. Ray.* London, 1912-1913 ; *Annales d'Electrobiologie et de Radiologie*, 1913).

Karfunkee. — Beiträge zur Kataphorèse ; ein gesammt überblick ueber den gegenwartigen Stand der Frage (*Arch. f., Dermatol. u. Syphil.*, 1897).

KENDALL J.). — Ionisation equilibrium (*J. Plup. Chem. Ithaca*, 1915).

KLENKE. — *Zeitschrift Wiener Aertze*, 1847.

KOUNER. — Electrische Ströme, chemische Flüssigkeiten und gelôste Arz bei Korper durch Membranen und gewebe Transportiren (*Therap. Monatshefte.*, 1892).

KROHFELD. — Ueber electrische Sublimat. Bader. (*Wiener med. Wochensch.*, 1891).

LABATUT (de Grenoble). — Transport des ions dans les tissus organisés (*Dauphiné médical*, 1893).

— Transport des ions dans les tissus organisés (*Archives d'élcetricité médicale*, 1895).

LABATUT-JOURDANET et PORTE. — Traitement des manifestations articulaires de la goutte et du rhumatisme par introduction électrolytique du lithium (*Gaz. des Hôpitaux* ; *Arch. d'élect. méd.*, 15 février 1895).

LABORDERIE. — *Arch. d'Electr. méd.*, mai 1911.

— Ionisation du Radium. (*Presse Médicale*, 1911).

LACHERET. — Etude d'une forme colloïdale de l'Iode (*Thèse de Paris*, décembre 1921).

LANDRY. — L'ionisation dans les otites moyennes non suppurées, 1917.

LANDRY et FRANQUET. — Magnésium et Ionisation (*Gazette médicale du Nord*, 1er mars 1930).

LAQUERRIÈRE et DELHERM. — La Réaction tétanisante dans la réaction de dégénérescence (*Bulletin de la Soc. d'Electroth.*, juin 1913).

LAQUERRIÈRE. — Discussion, au sujet de la communication de Dieuzaide : « Ionothérapie par l'aconitine » ou « le mécanisme de pénétration des ions » (*Bulletin de la Soc. d'Electrothérapie*, octobre 1920)..

— Les acquisitions récentes de l'introduction électrolytique dans le domaine médical (*J. de Rad. et d'Electrologie*, 1923).

— L'ion des solutions électrolytiques d'après les théories modernes (*J. de Radiol. et d'Electrol.*, 1924).

— Du traitement des troubles douloureux des organes génitaux de la femme par l'ionisation salicylée (*Bull. off. de la Soc. franç. d'Electroth.*, décembre 1924).

— Comment faut-il envisager en pratique le rôle de l'Ionothérapie électrique médicamenteuse ? (*J. de Radiol. et d'Electrol.*, 1925).

— The mode of action of electrical medical ionothérapy. (*Amer. J. Phys. Therap.*, 1925-1926).

LASCHTCHENKO. — Zur Kenntnis der Zeitung electrische Sröme im lebenden Gewebe sowie Bomerkùngen ueber Zeitungs Wieders-

tand des menschlischen Körpers -*Deutch. med. Wochensch.*, 1899).

Lauret. — De l'introduction des substances à travers la peau saine par l'influence de l'électricité (*Thèse Montpellier*, 1885).

Leduc. — Action thérapeutique des courants continus (*Gazette Méd. de Nantes*, 1893).

— Introduction des substances médicamenteuses dans la profondeur des tissus par le courant électrique (1er Congrès Int. d'Elect. et de Radiologie méd., Paris, 27 juillet-1er août ; et *Annales d'Electrobiologie*, sept. et oct., 1900).

— Introduction électrolytique dans les tissus vivants (Congrès de l'A. F. A. S. Paris, 1900.)

— La théorie des ions en médecine (*Annales scientifiques et médicales*, Paris, 1900 ; *Annales d'Electrobiologie*, mars-avril 1901 ; *Gazette méd. de Nantes*, 1901).

— Action des courants continus sur l'organisme vivant (*Bulletin de la Société franç. d'Elect.* et *Annales d'Electrobiologie*, 1901).

— L'électrochimie médicale (Rapport au Congrès de l'A. F. A. S. Ajaccio ; *Archives d'Electr. méd.* ; *Gazette médicale de Nantes*, 1901).

— Introduction des médicaments par l'électricité (Sciences, Art, Nature), 1901.

— Dosage des ions introduits par l'électrolyse (*Annales d'électrobiologie*, 1902).

— Action des courants continus sur les tissus scléreux et cicatriciels Congrès de l'A. F. A. S. Montauban, août 1902).

— Ion zinc et épithélioma du nez (Congrès de l'A. F. A. S. Angers ; *Archives d'électricité méd.*, 1903).

— Effet de l'ion zinc sur la pousse des poils (Congrès de l'A. F. A. S. Angers. *Arch. d'Elect. méd.*, 1903).

— Traitement électrique de l'hémiplégie (*Bulletin de la Société française d'Electrothérapie*, 1903).

— Les ions en médecine (Congrès de l'A. F. A. S. Grenoble. *Arch. d'Elect. méd.*, 25 septembre 1904).

— Traitement des névralgies par l'ion salicylique (*Arch. d'Elect. méd.*, 10 juin 1904. )

— Traitement des névralgies par l'ion quinine (*Arch. d'Elect. méd.*, 25 juillet 1904).

— Guérison d'un tic douloureux de la face, datant de 35 ans par trois séances d'introduction de l'ion salicylique (Congrès de l'A. F. A. S. Cherbourg. *Arch. d'Electr. méd.*, 10 novembre 1905).

— Etude sur la résistance électrique du corps humain (*Arch. d'Electr. méd.*, 12 août ; Congrès de l'A. F. A. S. 1905).

— *Province médicale*, n° 21, 1906.

— Les nouvelles théories des solutions dans leurs rapports avec la médecine (*Presse méd.*, n° 70-72-74-76, 1906).

— Les ions et les médications ioniques (Monographie publiée par l'œuvre médico-chir., Paris, 1907).

— Ionisation destructive, ses indications, ses résultats immédiats ou éloignés (*Arch. d'Elect. méd.* Bordeaux, 1910).

— *Journal de Physiologie*. Paris, 1910).

— *Médical Annual*, 1912.

— Les bases physiques de la vie. *La Biogénèse*, 1906.

Leppennetier. — Les Rayons X, la haute fréquence et l'électrolyse associés dans le traitement des séquelles de l'adénite cervicale tuberculeuse (*Thèse de Paris*, 1922).

Leuillieux (A.). — De l'introduction dans l'organisme d'ions à action thérapeutique (*Comptes rendus de l'A. F. A. S.* ; Congrès de Saint-Etienne, 1897).

— Introduction électrolytique du rubidium et de l'indium dans les tissus Application au traitement de la goutte et du rhumatisme (Congrès d'Ajaccio ; Analysé in *Arch. d'Elect. méd.*, 1901).

Levinson. — Behandlung der Gicht (Kopenhagen) (*Zeitschrift für Electrothérapie*, 1899).

Lobligeois. — *Progrès médical*, 1911.

Loeb (J.). — Etude sur les Ions (*Revue génér. des Sciences*, 15 sept. 1906).

— Ueber physiologische Ionenvirkungen, insbesondere die Bedeutung der Na, Ca, und K, Ionen. Handb. d. Biochem. Iéna, 1910.

Loewe. — Ionen dyscrasie (*Biochem. Zeitschr.*, 1926).

Lombroso. — Sulla Cataphorési elettrica (*Riforma medica*, 1886).

Lombroso et Materni . — *Riforma médica*, novembre 1887 ; et *Neurologo Centralblatt*.

Louste et Thibault. — Ionisation à l'iodure de potassium et sclérodermie en plaques (*Soc. franç. de dermatologie*, 12 juillet 1923).

Lucas. — Le traitement des cicatrices vicieuses et de la sclérodermie par l'ionisation de KI (*Thèse de Paris*, 1922).

Luzenberger (August di.). — L'électrolisi nei résidui morbosi della fracture ossia, dei flemmoni et delle miositi e la cataphorési médica nei processi gottosi (Namoli).

— Sur l'ionisation médicamenteuse (*Annales d'électrob. et de Radiologie*, 1913).

Macnamara et Barker. — Cases of ionic méd. Westm. Hosp. Rep. Lond., 1909.

Marcus. — Anesthésie dentaire par l'iodhydrate de cocaïne en cataphorèse (*Mémecide moderne*, 21 mai 1898).

Marques. — Quelques applications thérapeutiques de l'ionothérapie électrique (*Ann. de Méd. phys.*, Amiens, 1907).

— *Archives d'électricité médicale*, 10 décembre 1911.

Marques et Pappon. — *Arch. d'Elect. méd.*, 1910.

Marty. — Le traitement des dermatoses par l'ionothérapie électrique (*Thèse de Paris*, 1926).

Malherbe (A.). — De l'électroionisation transtympanique (*Archives d'Elect. méd.*, 10 juin 1907).

Massey. — Ionic médication and ionic surgery (*Amer. J. Clin. Med.*, 1924).

Masson. — Ueber Ionen Geschwindigkeiten (*Zeits. f. physik. Chemie*, 1899).

Meissner. — Ueber Kataphorese und ihre Bedeutung f. die Therapie (*Zeits. f. Electr.* ; et *Arch. f. Anat. u. Phys.*, 1899).

Mercier-Mary. — De l'ionisation cellulaire (*Journal des praticiens*, 9 juin 1928).

Michaud. — Contribution à l'étude des équilibres de Donna dans l'organisme humain (*Scheiz. med. Woch.*, 1926).

Millikan. — L'Electron (Nouv. Collect. Scient., 1926).

Mines (G. R.). — The action of trivalent ions on the heart and on certain colloïdal syst. Proc. Physiol. Soc. Lond., 1910.

Miller. — *Arch. Int. méd.*, 15 février 1911.

Morgenstern (M.). — Ionothérapie, Ionophorèse, Kataphorèse, und ihre praktischen Erfolge (*Deutsch Monatsch. f. Zahnh.*, Berlin, 1909).

Morin. — Furonculose et ion zinc (*Arch. d'Electr. méd.*, février 1916).

Morton. — *New-York méd. Journ.* et commun. à l'A. F. A. S., Congrès de Marseille, 20e section, 7 novembre 1891.

— La cataphorèse dans l'art dentaire (*Revue internat. d'Electr.*, 1898).

— Cataphorèse. New-York, 1899.

— *The Lancet*, 28 mars 1908.

Munk. — Ueber dié galvanische Einführung differenter Flüssigkeiten in den unverschritten lobenden Organismus (Mon Reichert und Dubois-Reymond's Arch.) (1873).

Nallapa (J. S.). — Ionic Medic. Hosp. Assistant, Kolhapùr, 1913.

Olivier. — Névralgie du trijumeau ; échec de l'alcoolisation ; guérison par l'ionisation salicylée (*Paris médical*, 15 sept. 1917).

Onimus et Legros. — Electricité médicale, 1872.

Pacini. — Ionic therapy (*Amer. J. Phys. Therapy*, 1924).

Pack et Underhill. — Experimental studies in electronic medication (*Amer. J. Med. Sciences*, 1924).

Perrin. — Les Atomes, 1913.

Petersen. — *New-York médic. Journ.*, 1889.

Picard. — Ueber Weg und Wirkungen der Ionisation im Dienste der Therapie (*Strahlentherapie*, 1926).

Pitres et Testut. — Anatomie topographique, 1925.

Pivati. — Lettre sur l'électricité médicale, 1749.

Poincaré (L.). — La Physique moderne, 1918.

Pont (Dr A.). — De la cataphorèse en Art dentaire (*Thèse de Lyon*, 1899).

Renon. — Quelques considérations sur l'importance de l'ionothérapie dans la médecine pratique (*Thèse de Montpellier*, 1927-1928).

Richardson. — *Médic. Times and Gazette*, 1859.

Ribierre. — Thérapeutique hydrominérale locale au moyen de l'ionothérapie électrique (*Ann. de méd. et de Pharm. mil.*, Paris, 1911).

Riddel (Glascow). — *Médical Journal*, fév. 1912).

Ronneaux. — Communication sur le traitement des cicatrices cutanées et sous-cutanées par la galvanisation négative (*Bulletin de la Soc. d'Electroth.*, avril 1913).

Roques (C.). — De l'introduction par cataphorèse de l'ion salicylique dans les articulations atteintes d'arthrite (*Arch. d'électricité* médicale, 15 novembre 1903).

— Le traitement opothérapique de la sclérodermie (*Annales de Dermatologie*, 1910).

Rousseau (P.). — Electrothérapie, 1930.

Rouvière. — Anatomie humaine, 1924.

Roy. — The thérapeutic Value of ions (*Wash. M. Ann.*, 1909-1910).

Salaghi (de Bologne). — Imprégnation des tissus de l'organisme par des précipités, 1905.

Sarazin. — L'ionisation et l'introduction électrolytique des médicaments (*Annales d'Electrobiol. et de Radiol.*, 1913).

Savy. — De l'introduction diadermique des médicaments sous tension électrique (*Thèse de Lyon*, 21 juin 1895).

Schatzky. — Die Grundlagen der Therapeutische Wirkung des Strömes (*Zeitsch. f. Electr. et Annales d'Electrobiologie* : Bases de l'action thérapeutique du courant continu, 1899).

Schmitt (C.). — La médication électroionique (*Revue scient.*, Paris, 1909).

— Considérations sur l'ionisation (*Marseille médical*, juillet, octobre, novembre 1917).

Schnee. — Beitrag zùr Anionen. Behandlùng nach Paul Steffens (*Deutsh. méd. Wochensch.* Leipzig ùnd Berlin, 1913).

Schütz. — Pharmacologische Untersùchùngen, über das Ma = ùnd Ca = Ion (*Ztsch. f. Balneol., Klimat. ù. s. w.*, Berlin et Wien, 1915-1916.

Sibley. — Discussion on the electrical Treatment of Wounds and Sinuses by Ionisation (*Arch. Roentgen Rays.* London, 1915-1916).

Sloan. – Recherches physiques sur la Méditation ionique (*Arch. d'Electr.*, 1912).

Solokoff. — Neutralisation des ions (*C. R. Soc. de. Biol.*, 1923).

Solomon. — Précis de radiothérapie profonde, 1926.

Somerville. — *British med. journal*, janv. 1909.

Soulier. — Traité de thérapeutique, 1891.

Sourdeau. — L'ionisation en dermatologie. *Thèse Paris*, (1908).

Steffens (P.). — Ueber Anion Behandlùng (*Therap. Monatsch.* Berlin, 1911).

Stephenson. — Matter in the ionized State, 1908.

Stocker. — Erfahrùngen mit Ionophorese (*Corresp. Blatt f. Schweiz Aerzte*, Basel, 1913).

Stoppford, Taylor et Makenna. — *Liverpool Medico-chirurgical Journal*, janvier 1911.

Straub. — Die Ionenlehre ùnd ihre Bedeutung f. biologische Fragen (*Zenrtalblatt f. d. ges. Ophtalm.*, 1923).

Strohl. — L'introduction médicamenteuse par l'électrolyse (*Paris-Médical*, 1923).

Sudnik. — *Arch. d'Electr. médic.*, 1895.

Taylor et Makenna. — Ionic Medication (*Liverpool med. chir. Journ.*, 1913).

Thomson (J. J.). — Electricité et Matière, 1922.

Traquair. — *Ophtalmic Review.* janv. 1911.

Tuffier et Maute. — A propos des médications ioniques (*Société de Biologie*, janv. 1907).

Turrel. — The Theory of ionic Medication (*Amer. J. Phys. Therapy*, Chicago, 1924).

Verney. — *Annales d'Electrobiologie*, 1907.

Vignal. — Contribution à l'ionothérapie par l'aconitine (*Bulletin de la Société d'Electroth.*, janv. 1921).

— Electrothérapie, 1928.

Vivarez. — Les phénomènes électriques et leurs applications, 1901.

WAGNER (J.). — Eine methode Haùtanesthesie durch Kokaïne zù erzeugen (*Wiener medicinische Blatter*, 1896).

WEISS (G.). — L'électrolyse des tissus vivants (*Arch. d'Electr. méd.*, 1897).

WHEATLAND (M. M. F.). — Diffusion de l'iode par le courant électrique (*American electrotherapeutic Association.* Congrès, 1902).

WILSON. — Ionic Theory in its Relationship to certain Life Processus (*J. Amer. Pharm. Assoc.*, 1925).

WINKLER. — Contribution à l'étude de l'osmose électrique (*Arch. d'Electr. méd.*, 1898).

WIGZ. — Bleielektroden bei Ionophorese (*Dermat. Wochsch.*, 1926).

WULLYAMOZ. — *Arch. d'électr. méd.*, 1909).

— *Arch. d'électr. méd.* 1910.

ZAHN. — Experimentelle ùnd klinische Erfahrùngen mit der Ionotherapie (*Klin. Monatsblatt f. Angeh...* Stùttg., 1910).

ZIMMERN. — Traité d'électrothérapie, 1906...

— L'introduction électrique médicamenteuse aux XVIII^e^ et XIX^e^ siècles (*Presse Médicale*, février 1907).

— L'introduction électrique des médicaments (Congrès de Paris, oct. 1907 ; *Arch. d'Electr. méd.*, nov. 1907).

— Traitement des Kéloïdes (*Annales de Thérapeutique derm. et syphil.*, avril 1908).

— L'ionisation et ses applications analgésiques (*Revue d'actinologie et de physiothérapie*, janv.-fév., 1929).

ZIMMERN et CHAVANY. — Diagnostic et Thérapeutique électro-radiologiques des Affections du Système nerveux, 1930.

ZUNZ. — De l'ionisation en biologie (*Journal de biologie de Bruxelles* ; *Annales d'Electrobiologie*, 1899).

# TABLE DES MATIÈRES


Avant-Propos ..... 1
Aperçu historique ..... 2

PREMIÈRE PARTIE

La constitution de la matière, l'énergie électrique et leurs rapports avec l'ionisation.

Chapitre premier. — *La matière* ..... 9
Conceptions anciennes et modernes ..... 9
Constitution de l'atome ..... 12
Chapitre II. — *Les ions et les solutions électrolytiques* ..... 15
Définition des Ions ..... 15
La charge électrique des Ions ..... 15
La valence électrique, charge d'un ion-gramme ..... 19
Chapitre III. — *Variations des phénomènes électrolytiques avec le milieu* ..... 23
Les électrolytes ..... 23
La pression osmotique ..... 25
La diffusion ..... 26
Les colloïdes ..... 30
La cataphorèse ..... 32

DEUXIÈME PARTIE

Chapitre premier. — *Action du courant galvanique* ..... 37
Chapitre II. — *Introduction des ions médicamenteux* ..... 40
Mode et voie de pénétration ; évolution dans l'organisme ..... 40
Recherches dans les urines ..... 45
Chapitre III. — *Les phénomènes observés au cours d'une ionisation.* 47
Ions parasites ..... 47

Polarisation ..... 49
Nature des électrodes ; leurs actions locales ..... 51
Chapitre IV. — *Action thérapeutique des principaux ions* ..... 53

## TROISIÈME PARTIE

### La pratique de l'ionisation.

Chapitre premier. — *Solutions et appareillages* ..... 61
Titrage des solutions ..... 61
Appareillage ..... 62
Intensité, appareils de mesure ..... 65
Les électrodes ..... 66
Chapitre II. — *Choix du traitement et mode d'application* ..... 68
La séance ..... 69
Précautions à prendre pour une application d'ionisation ..... 69
La diathermo-ionisation. Technique ..... 72
Chapitre III. — *Indications de l'ionisation* ..... 77
Les Algies ..... 77
Affections du Système nerveux :
Névralgies sciatiques ..... 84
— du génito-crural, du fémoro-cutané ..... 89
— de la branche musculo cutanée du crural ..... 89
— obturatrices ..... 89
— cervico-brachiales ..... 90
— intercostales ..... 92
— sus-orbitaires ..... 93
— sous-orbitaires et maxillaires supér. ..... 95
Névralgie et paralysie faciales ..... 35
Névralgie totale du trijumeau ..... 103
Tic douloureux de la face ..... 105
Hémiplégie avec contracture ..... 105
Lésions du faisceau pyramidal ..... 109
Les Polynévrites, les sutures nerveuses ..... 111
Affections ostéo-articulaires :
Membre Supérieur : Articulations des doigts ..... 112
du poignet ..... 113
du coude ..... 113
de l'épaule ..... 113

Membre inférieur : articulations des orteils ..... 114
tibio-tarsienne ..... 114
du genou ..... 114
de la hanche ..... 114
Articulations vertébrales ..... 116
Articulation temporo-maxillaire ..... 118
Rhumatisme articulaire aigu ..... 118
Rhumatisme et pseudo-rhumatisme infectieux ..... 119
Rhumatisme chronique ..... 119
Arthrites plastiques ..... 120
Affections des muscles ..... 120
Goutte ..... 120
Affections de la peau et des glandes :
Cicatrices vicieuses. Brides et chéloïdes ..... 121
Sclérodermies ..... 123
Ulcères. Fistules. Plaies atones ..... 123
Chancre phagédénique ..... 123
Impetigo et ecthyma ..... 124
Sycosis staphylococcique ..... 124
Lupus vulgaire ..... 124
Néoplasmes. Verrues ..... 125
Hypertrichose ..... 125
Anesthésie cutanée ..... 126
Urétrites chroniques et rétrécissements ..... 127
Cystites ..... 127
Rectites (Rectite sténosante gonococcique) ..... 129
Affections oculaires ..... 130
Affections du nez et des oreilles ..... 131
Affections dentaires ..... 131
Affections générales ..... 132
OBSERVATIONS ..... 135
REMARQUES. ÉTUDE STATISTIQUE ..... 143
CONCLUSIONS théoriques et pratiques ..... 145
BIBLIOGRAPHIE ..... 151

1075. — Imp. Jouve et Cie, 15, rue Racine, Paris. — 11-30